

**CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑAZA**

**PROGRAMA DE EDUCACION PARA EL DESARROLLO Y LA  
CONSERVACION  
ESCUELA DE POSGRADO**

**SEVERIDAD DEL COMPLEJO DE ENFERMEDADES FOLIARES EN EL  
CULTIVO DE ÑAME (*Dioscorea alata L.*) EN DIFERENTES DENSIDADES  
DE SIEMBRA Y SOPORTES VIVOS DE MADERA NEGRO [*Gliricidia  
sepium* (Jacq.) Walp] Y SU RENTABILIDAD EN AZUERO, PANAMÁ**

Tesis sometida a la consideración del Comité Técnico de Postgrado, Programa de Educación para el desarrollo y la Conservación del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanzas como requisito parcial para optar por el grado de:

**Magíster Scientiae**

**POR:**

**ESTEBAN ELOY RUIZ PEREZ**

**Turrialba, Costa Rica**

**2003**

Esta tesis ha sido aceptada en su presente forma, por la jefatura del Área de Postgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales del CATIE y aprobada por el comité Asesor del estudiante como requisito parcial para optar al grado de:

*MAGISTER SCIENTIAE*

FIRMANTES:

---

Tamara Benjamín  
Profesor Consejero

---

John Beer  
Miembro Comité Asesor

---

Vera Sánchez  
Miembro Comité Asesor

---

Glen Galloway  
Jefe, Área de Postgrado

---

Pedro Ferreira  
Director, Programa de Enseñanza

---

Esteban Eloy Ruíz Pérez  
Candidato

## DEDICATORIA

A Dios: por darme la fortaleza para superar esta prueba en mi vida.

A mis padres: Juan Manuel Ruíz Rodríguez q.e.p.d y Maria Flor Pérez Ortiz por haberme enseñado a querer ser siempre mejor.

A mi esposa e hijos: Gisela, Esteban Eloy, Eloy Esteban y Juan Manuel por su paciencia y comprensión.

A mis hermanos: Celia Tatiana, Juan Manuel, Winston Joel, Edson Jasinsky por el estímulo que me brindaron.

## **AGRADECIMIENTOS**

Deseo expresar mí mas sincero agradecimiento a las siguientes persona e instituciones que hicieron posible terminar mis estudios en el Programa de Postgrado del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñaza.

A la Dr. Tamara Benjamín, consejera principal por su excelente orientación y ayuda.

A los miembros del comité asesor: Dr. Vera Sánchez, Dr. John Beer, por la colaboración y acertada guía en el desarrollo de este trabajo.

Al Instituto de Investigación Agropecuario de Panamá (IDIAP), por darme la oportunidad obtener esta maestría.

A mis compañeros de promoción: Alexis Quiroz, Manuel Mollinedo, Octavio Galván, Jorge Vargas, Evelyn Quirós, Mauricio Alas, Jorge Martínez, Walter Robledo y Edilberto Montenegro, por la amistad que me brindaron.

Muchas gracias por su apoyo y amistad.....

## **BIOGRAFIA**

El autor nació en Chitré, provincia de Herrera, Panamá; realizó sus estudios primarios en la escuela Tomas Herrera y secundarios colegio José Daniel Crespo de su ciudad natal. En 1985 se recibió como Ingeniero Agrónomo, título que le otorga la Universidad de Panamá, en la Facultad de Ciencias Agropecuarias, David, Chiriquí.

Entre 1986 y 1993 se desempeñó como administrador de fincas bananeras, asistente de superintendente de agricultura experimental en la Chiriquí Land Company. Entre 1993 y 1994 se desempeñó como director ejecutivo del Ministerio de Desarrollo Agropecuario (MIDA) de la provincia de Herrera. Entre 1996 y 2002 se desempeñó como investigador agrícola y productor de semillas.

En enero de 2002, ingresó al Programa de maestría del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñaza (CATIE, en Turrialba, Costa Rica y egresa en diciembre de 2003 como Magíster Scientiae en el área de Agroforesterías con énfasis en cuencas.

## TABLA DE CONTENIDO

	Página
<b>CONTENIDO</b> .....	vi
<b>LISTA DE CUADROS</b> .....	vii
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	viii
<b>LISTA DE ANEXOS</b> .....	x
<b>RESUMEN</b> .....	xii
<b>ABSTRACT</b> .....	xiv
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>II. REVISION DE LITERATURA</b> .....	3
2.1 Origen y descripción botánica del cultivo de ñame .....	3
2.2 La importancia de los soportes vivos: Madero Negro .....	6
2.3 Complejo de enfermedades del ñame .....	9
<b>III. MATERIALES Y METODOS</b> .....	12
3.1 Descripción del área de estudio .....	12
3.2 Material experimental y establecimiento del ensayo .....	14
3.3 Diseño de experimento y tratamientos .....	15
3.4 Variables estudiadas .....	18
3.4.1 Condiciones climáticas .....	18
3.4.1.1 Precipitación .....	18
3.4.1.2 Humedad relativa y temperatura .....	18
3.4.1.3 Humedad del suelo .....	19
3.4.2 Radiación solar .....	19
3.4.3 Muestreo de suelos .....	19
3.4.4 Incidencia y severidad del complejo de enfermedades .....	20
3.4.5 Rendimiento de tubérculo.....	22
3.4.6 Evaluación económica.....	23
3.5 Análisis estadístico .....	23
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	25
4.1 Condiciones climáticas.....	25
4.1.1 Precipitación y temperatura .....	25
4.1.2 Humedad relativa y temperatura.....	26
4.1.3 Humedad relativa y precipitación.....	28
4.1.4 Humedad del suelo.....	28

4.2 Incidencia de la radiación solar .....	29
4.3 Análisis químico del suelo. ....	32
4.4 Incidencia y severidad del complejo de enfermedades .....	35
4.5 Rendimientos de tubérculos.....	37
4.6 Evaluación económica .....	43
4.6.1 Análisis de sensibilidad. ....	46
V. CONCLUSIONES.....	49
VI. RECOMENDACIONES .....	51
VII. LITERATURA CONSULTADA .....	52
VIII. ANEXOS .....	57

## LISTAS DE CUADROS

Página

Cuadro 1. Medias mensuales de temperatura de las diferentes densidades de siembra de ñame y madero negro por bloques registradas en los meses de mayo, junio y julio, en la finca El Ejido, Azuero, Panamá, 2003.....	26
Cuadro 2. Medias de la humedad relativa (%) de las diferentes densidades de siembra de ñame y madero negro por bloques, registradas en los meses de mayo, junio y julio, en la finca El Ejido, Azuero, Panamá, 2003.....	27
Cuadro 3. Humedad del suelo registrada en el ensayo de acuerdo a las diferentes densidades de siembra de ñame y madero negro por bloques, en la finca El Ejido, Azuero, Panamá, 2003.....	29
Cuadro 4. Análisis de suelos para las diferentes densidades de siembra de ñame y madero negro en la finca El Ejido, Azuero, Panamá, 2003. ....	33
Cuadro 5. Resultados de la regresión de la severidad del complejo de enfermedades con las variables humedad relativa, humedad del suelo y luminosidad, en la finca El Ejido, Azuero, Panamá, 2003. ....	36
Cuadro 6. Medias por tubérculos individuales de las diferentes densidades de siembra de ñame y madero negro, en las variables: peso de tubérculos total, negociables, semillas y desecho ( $P < 0.05$ ) .....	38
Cuadro 7. Costos de producción de ñame y de establecimiento de los soportes de madero negro, generados en el estudio .....	44
Cuadro 8. Evaluación económica para el primer año de producción de los diferentes tipos de soportes en el cultivo de ñame, en dólares (US \$).....	45

## LISTAS DE FIGURAS

Página

Figura 1. Mapa del país de Panamá y la ubicación del área de estudio, Centro de Investigaciones Agropecuaria de Azuero, finca El Ejido, provincia de Los Santos, Panamá, 2003 .....	12
Figura 2. Mapa de la ubicación de la finca El Ejido, Centro de Investigaciones Agropecuaria de Azuero, provincia y distrito de Los Santos, Panamá, 2003 .....	13
Figura 3. Esquema de la distribución espacial de las diferentes densidades de siembra de ñame y madero negro, en el campo, finca El Ejido, Azuero, Panamá, 2003 .....	16
Figura 4. Diferentes distancias de siembra de los soportes de madero negro y área útil de mediciones, dentro de las parcelas de ñame, en la finca El Ejido, Azuero, Panamá, 2003.....	17
Figura 5. Diferentes densidades de siembra de ñame dentro de las parcelas en la finca El Ejido, Azuero, Panamá, 2003.....	18
Figura 6. Escala pictórica para estimar la severidad del complejo de enfermedades en el área foliar del ñame, con 5 niveles de severidad. ....	20
Figura 7. Tejido vegetal de ñame afectado por bacteriosis, salida del flujo bacterial ...	21
Figura 8. Medias mensuales de precipitación (mm) y temperatura (°C) durante el ciclo del cultivo de ñame, finca El Ejido, Azuero, Panamá. 2002 – 2003. ....	25
Figura 9. Medidas mensuales de humedad relativa y temperatura, durante los meses críticos (mayo, junio y julio) del cultivo de ñame con respecto al complejo de enfermedades, el la finca El Ejido, Azuero, Panamá. 2003.....	27

Figura 10. Medidas mensuales de humedad relativa y precipitación, durante los meses críticos (mayo, junio y julio) del cultivo de ñame con respecto al complejo de enfermedades, en la finca El Ejido, Azuero, Panamá. 2003. .	28
Figura 11. Incidencia de la radiación solar a un metro del suelo en las horas (8:00, 11:00 y 13:00), recibida por las plantas de ñame, en la finca El Ejido, Azuero, Panamá. 2003. (P<0.001) .....	31
Figura 12. Porcentaje de incidencia y nivel de severidad del complejo de enfermedades en el cultivo de ñame, finca El Ejido, Azuero, Panamá. 2003 .....	37
Figura 13. Número de tubérculos de ñame por categoría (negociable, semilla y desecho) en las diferentes densidades de siembra de ñame y madero negro, en la finca El Ejido, Azuero, Panamá. 2003. ....	41
Figura 14. Peso de tubérculos de ñame en quintales por categoría (negociable, semilla y desecho) en las diferentes densidades de siembra de ñame y madero negro, en la finca el Ejido. Panamá. 200 , finca El Ejido, Azuero, Panamá. 2003.....	42
Figura 15. Comparación del beneficio/costo original y el beneficio/costo con una disminución del 25, 35 ,45 y 55% del rendimiento en un sistema agroforestal ñame con soportes vivos, muertos y sin soporte, en la finca El Ejido, Azuero, Panamá, 2003. ....	48

## LISTA DE ANEXOS

Página

Anexo 1. Prueba de Gram, para bacteriosis en diferentes medios .....	57
Anexo 2. Precios promedio del ñame (US\$/qq) en el mercado agrícola central, Panamá, año 1997-2003.....	57
Anexo 3. Comparación de los datos meteorológicos de los meses críticos (mayo, junio y julio) del cultivo de ñame con respecto a las enfermedades, en los últimos tres años, tomados en la finca El Ejido, Azuero, Panamá, 2003 .....	57
Anexo 4. Resumen del análisis de varianza para irradiación solar en todos los tratamientos.....	58
Anexo 5. Resultados de las medias de las variables temperatura, humedad relativa y humedad del suelo, en las diferentes densidades del cultivo del ñame y soportes de madero negro, en la finca El Ejido, Azuero, Panamá, 2003.....	58
Anexo 6. Costos de producción de las labores de campo para la producción de ñame, en las diferentes densidades del cultivo del ñame y soportes de madero negro en dólares (US \$), en la finca El Ejido, Azuero, Panamá, 2003.....	59
Anexo 7. Detalles de los costos para el manejo del establecimiento de soportes, en las diferentes densidades del cultivo del ñame y soportes de madero negro en dólares (US \$), en la finca El Ejido, Azuero, Panamá, 2003.....	60

## RESUMEN

RUIZ P, E. E. 2003. SEVERIDAD DEL COMPLEJO DE ENFERMEDADES FOLIARES EN EL CULTIVO DE ÑAME (*Dioscorea alata L.*) EN DIFERENTES DENSIDADES DE SIEMBRA Y SOPORTES VIVOS DE MADERA NEGRO [*Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp] Y SU RENTABILIDAD EN AZUERO, PANAMÁ

Palabras claves: Antracnosis, bacteriosis, enfermedades, leguminosa, rendimientos, sistemas agroforestales, tubérculos.

El ñame (*Dioscorea alata L.*) es de los tubérculos más sembrados en Panamá. La utilización de una leguminosa como madero negro [*Gliricidia sepium* (Jacq) Walp] para soporte constituye una alternativa por aportar materia orgánica y fijar nitrógeno. Los rendimientos del ñame se ven reducidos por un complejo de enfermedades, antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides*, Penz) y bacteriosis que pueden llegar a limitar la producción hasta en un 60%.

El experimento inició en el año 2003, Finca El Ejido, Panamá. Evaluamos la incidencia de un complejo de enfermedades y la rentabilidad del cultivo del ñame utilizando tres distancias de siembra de soportes vivos (0.50, 2 y 4m), con dos densidades de siembra de ñame (22422 y 29600 plantas ha<sup>-1</sup>) para seis tratamientos con soportes vivos, un tratamiento con soportes muertos y uno sin soportes.

En el análisis de incidencia y severidad del complejo de enfermedades, no obtuvimos diferencias significativas. Los rendimientos se redujeron 34% al compararlos con los obtenidos por los productores en el año 2001. La incidencia del complejo de enfermedades presentó en los tratamientos un rango de 40 a 54% de plantas infestadas y con una severidad promedio de 4.28 de una escala de 5, de las hojas infestadas.

Medimos las variables importantes en el desarrollo de las enfermedades, humedad relativa, temperatura y humedad del suelo. Solamente la humedad relativa correlacionó ( $P < 0.05$ ) con el complejo de enfermedades.

El tratamiento 7 (soportes vivos a 4 m de distancia y 0.33m entre plantas) presentó el mayor promedio de peso por tubérculos (486 g/tubérculo).

El análisis económico reportó que los soportes vivos, presentaron mayor beneficio que los soporte muertos y sin soporte, a excepción del tratamiento con soportes vivos con distancias de 4m entre plantas y con 0.33m de distancia entre ñame, el cual no superó al tratamiento con soportes muertos.

Se concluye que los rendimientos y rentabilidad del ñame son superiores utilizando soportes vivos que utilizando soportes muertos y sin soportes. Las condiciones dentro de los sistemas con soportes vivos parecen que están adecuadas para la producción del ñame, pero no podemos decir como va a aportar el sistema en el futuro cuando las raíces y el follaje estén compitiendo por luz, agua y nutrientes.

## SUMMARY

RUIZ P, E. E. 2003. SEVERITY OF THE COMPLEX OF DISEASES FOLIARES IN THE ÑAME CULTURE (*alata* Dioscorea L.) IN DIFFERENT DENSITIES FROM SOWING AND ALIVE BLACK WOOD SUPPORTS [ *Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp ] AND ITS YIELD IN AZUERO, PANAMA.

Key words: Agroforestales system, Antracnosis, bacteriosis, diseases, leguminosa, yields, tubercles.

Yam (*alata* Dioscorea L.) he is of tubercles more seeding in Panama. The use of a leguminosa species as black log [ *Gliricidia sepium* (Jacq) Walp] for support constitutes an alternative by its contribution of organic matter and nitrogen fixation. The yields of ñame are reduced by a complex of diseases, like the antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides*, Penz) and bacteriosis that can get to limit the production until in a 60%.

The experiment beginning in 2003, the Property the Ejido, Panama. The incidence of the a complex of diseas was evaluated and the yield of the culture of ñame using three distances of sowing of alive supports (0,50, 2 and 4m), with two densities of sowing of yam (22422 and 29600 plants have<sup>-1</sup>) for six treatments with alive supports, a treatment with dead supports and a treatment without supports.

In the analysis of incidence and severity of the complex of diseases, we did not obtain significant differences. The yields were reduced 34% when comparing them with the obtained ones by the producers in 2001. The incidence of the complex of diseases presented/displayed in the treatments a rank from 40 to 54% of infested plants and with a severity average of 4,28 of a scale of 5, of the infested leaves.

We measured the important variables in the development of the diseases, relative humidity, temperature and humidity of the ground. Only the relative humidity correlated ( $P < 0.05$ ) with the complex of diseases.

Treatment 7 (alive supports to 4 ms of distance and 0.33m between plants) presented/displayed the greater average of weight by tubercles (486 g/tubérculo).

In the economic analysis, was that the alive supports presented/displayed greater benefit with respect to the dead support and without support, to exemption of the treatment with alive supports with distances of 4m between plants and 0.33m of distance between yam, which did not surpass to the treatment with dead supports.

One concludes that the yields and yield of ñame are superior using alive supports that using dead supports and without supports. The conditions within the systems with alive supports seem that they are suitable for the production of ñame, but we cannot say as it is going to contribute the system in the future when the roots and the foliage are competing by light, water and nutrients

## I. INTRODUCCIÓN

El ñame (*Dioscorea alata L.*) es de los tubérculos más sembrados en Panamá. De la superficie cultivada de raíces y tubérculos en el país, 53% es de ñame. En el periodo 2002 - 2003 se cosechó 4,323 ha de 2,680 productores y se produjo 223,158 kilos (MIDA, 2003). Esto representa un incremento en los cuatro últimos años de más del 100% en hectáreas cultivadas y kilos (kg) de tubérculos producidos. El consumo interno de ñame alcanza el 45 millones de Kilogramos (kg). Este tubérculo es muy apreciado, por la población panameña, ya que es el ingrediente principal del “sancocho”, plato típico del país. Se considera de importancia para la alimentación y para la generación de ingresos de la población de bajos recursos económicos, mediante su comercialización en el mercado interno. El rendimiento y la calidad, lo presentan como un excelente producto de exportación; quizás sea el producto agrícola más versátil por lo perecedero, para el desarrollo de esta actividad. Actualmente posee tan solo el 1% del mercado de Estados Unidos, el cual se incrementa anualmente a un ritmo sostenido del 7% (MIDA, 1997).

El ñame por su hábito de crecimiento trepador ha sido cultivado tradicionalmente mediante el uso de soportes muertos, pero los altos costos de adquisición de los soportes, hacen que los costos de producción sean elevados, sobre todo cuando el material para tutorar es escaso y hay que cambiarlos cada dos años (Yau *et al.* 2001). Por esta razón se ha tratado de buscar opciones para los productores, con la utilización de soportes vivos, que fijen nitrógeno y por medio del reciclaje de nutrientes entre suelo y plantas, contribuya a mantener la productividad aunque presenten competencia por luz, agua y nutrientes. Una especie utilizada como soportes vivos es el madero negro [*Gliricidia sepium* (Jacq) Walp].

En los últimos 10 años, los rendimientos de ñame se ven reducidos por un complejo de enfermedades, como la antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides*, Penz), lesiones causadas por pestalotia, Botriodiplodia, Fusarium y Bacteriosis (Von Chong, 2000; Osorio y Ramírez, 1989). Acosta (2000) reporta que en Panamá, en las provincias productoras de ñame (Darién, Herrera, Los Santos y Chiriqui) la enfermedad más importante que limita la producción de ñame hasta en un 60% es la antracnosis. La enfermedad afecta las hojas y tallos, presentando puntos de color rojizo los cuales crecen rápidamente, originando lesiones grandes de formas irregulares, destruyendo las partes afectadas.

El uso de soportes vivos, se presenta como un componente importante en la producción del ñame; ya que al separar las plantas del suelo, se reduce la incidencia de la antracnosis y contribuye a la variación de los factores ambientales que puedan influir en el desarrollo de esa enfermedad. Los soportes pueden modificar de manera muy fuerte los procesos meteorológicos, a escala micro climático, tales como el balance y distribución de la radiación solar dentro de la cobertura, el balance de energía, la interceptación y distribución del agua y la circulación del dióxido de carbono, humedad de suelo, aire y temperatura (Jiménez *et al.* 1998, Rojas *et al.* 1997, Acosta 2000).

El IDIAP (Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá) ante esta situación, presenta proyecciones de investigación para incrementar el rendimiento del cultivo, por medio de prácticas culturales como tutoramiento, control de antracnosis, usos de abonos orgánicos y enmiendas, así como la disponibilidad de semilla libre de virus y patógenos (vitro plantas) (Rojas, 1996). Con base en lo anterior, se realizó esta investigación con los siguientes objetivos:

- Medir la severidad del complejo de enfermedades en los diferentes sistemas de cultivo de ñame y soportes vivos y su efecto en el rendimiento.
- Evaluar la luminosidad, humedad relativa y humedad del suelo, en los diferentes sistemas agroforestales y correlacionar sus niveles con la incidencia de la antracnosis.
- Calcular y comparar los costos de producción generados por los diferentes sistemas de cultivo.

Hipótesis:

Los sistemas de cultivo con soportes vivos y muertos, disminuyen la incidencia del complejo de enfermedades.

A menor población de ñame, se reduce la incidencia del complejo de enfermedades.

Los factores climáticos inciden en la severidad del complejo de enfermedades.

Existen diferencias de costos de producción generados por los tratamientos.

## **II. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1 Origen y descripción botánica del cultivo de ñame**

El ñame es una planta monocotiledónea, que pertenece al orden Dioscoreales y a la familia Dioscoreaceae (Jiménez, 1988). Es un tubérculo originario de tres lugares distintos, *Dioscorea alata* es oriunda de sudeste asiático, *Dioscorea cayenensis* y *Dioscorea rotunda* son de África y *Dioscorea trifida*, es la única especie comestible originaria de América (Jiménez 1988, Martín 1982). Hay 600 especies de ñame, de las cuales solo 60 son comestibles y de estas solo 12 son cultivadas (CENDA, 1982).

La planta presenta tallo aéreo anual, puede llevar o no espinas, hojas alternas u opuestas, largamente pecioladas (Montaldo, 1991). El tallo es una estructura que no puede sostenerse por si sola, por lo que necesita de un soporte para crecer (Jiménez, 1988). Las hojas son generalmente simples, con ápice agudo; la nervadura principal es radiada, originada en la base; la nervadura secundaria es reticulada.

El ñame posee un sistema radicular fibroso, con crecimiento más o menos horizontal y de poca penetración; la mayoría de las raíces se encuentran en los primeros 30 cm de suelo (Montaldo, 1991). Las plantas producen tubérculos solitarios o en grupos. El peso de los tubérculos va desde 50-100 gramos a 1kg y alcanzan hasta 20kg (Montaldo, 1991). El tubérculo es un órgano subterráneo de reservas de carbohidratos y proteínas, con formas y tamaños variables; cilíndricos, aplanados, simples o divididos como los dedos de la mano y es la parte comercializable del cultivo. El tubérculo y las raíces brotan de una especie de cormo que aparece muy temprano en el ciclo de la planta. Se encuentran los tubérculos en la base del tallo (Montaldo 1991, Jiménez 1988).

### **Fenología de las plantas de ñame**

La fenología de ñame se divide en cinco fases basadas en el crecimiento de la planta, la maduración de los tubérculos y la germinación.

Fase I. Dormancia, comprende el periodo de 120 días entre maduración de los tubérculos y la ruptura del reposo. El ñame presenta un periodo de latencia que generalmente alcanza hasta cuatro meses después de la cosecha (Montaldo, 1991).

Fase II. Germinación, incluye los 60 días delimitado por la ruptura del reposo de los tubérculos y la germinación de la planta, se caracteriza por una formación y crecimiento acelerado de los órganos vegetativos y del sistema radicular.

Fase III. Crecimiento vegetativo, abarca los 70 días de crecimiento vegetativo, ocurren los máximos incrementos en el peso foliar, así como en el número y longitud del sistema radicular, además se inicia la fase de la tuberización. Esto hace suponer que aquí es donde se encuentra el periodo crítico, y las condiciones ambientales en las que se desarrolla la planta, van a tener una marcada influencia en su producción (Salazar, 1987).

Fase IV. Incremento de tubérculos, abarca los 60 días en que los tubérculos alcanzan su máxima tasa de crecimiento. Las hojas y los tallos comienzan a declinar durante esta fase y los tubérculos se incrementan exponencialmente.

Fase V. Comprende los últimos 55 días del ciclo anual, cuando el follaje decae y el crecimiento de los tubérculos alcanza una tasa constante (Rodríguez, 2000).

Este cultivo necesita periodos máximos de iluminación de 12 horas diarias, para incrementar su desarrollo vegetativo y periodos menores a 12 horas diarias para incrementar la producción de tubérculos. (Puga, 1995). Las podas se podrían programar así: poda total al inicio de cultivo para mayor entrada de luz y podas parciales de acuerdo se necesiten antes de la fase tuberización, porque sería conveniente mantener la sombra del tutor para mayor tuberización.

## **Exigencias del cultivo**

Para el cultivo de ñame los mejores suelos son los francos, profundos, fértiles y de fácil penetración. El suelo debe tener buen drenaje y un alto contenido de materia orgánica (Ministerio de Agricultura y Cría, 1993). Los principales nutrientes que son extraídos del suelo por la cosecha del rizoma son nitrógeno (N) y potasio (K) (Montaldo, 1991). El ñame es un cultivo que requiere de una aplicación adecuada de nutrientes esenciales y responde satisfactoriamente a la fertilidad química, cuando el nivel nutricional del suelo es deficiente, responde positivamente a las aplicaciones de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O (Sánchez, 1987). Según Salazar (1987), la planta de ñame tiene distintas exigencias de nutrientes de acuerdo a la etapa de desarrollo en que se encuentre el cultivo, por lo tanto diferentes épocas de aplicación de fertilizantes. La primera aplicación necesaria a los treinta días después de la siembra con una fórmula alta en P y K, y la segunda aplicación entre la séptima y octava semana después de la primera fertilización cuando ocurre la segunda etapa de desarrollo del cultivo.

El pH óptimo debe estar entre 6.5 y 7.5. Las temperaturas óptimas deben oscilar entre 25 a 30 °C, para garantizar su desarrollo. El crecimiento de la planta se ve limitado a temperaturas menores de 20 °C y no soporta heladas (Montaldo 1991, Jiménez 1988). Se desarrollan mejor en zonas bajas y a cierta altura, entre 20 a 500 m.s.n.m. si las demás condiciones ambientales son apropiadas (Rojas *et al.* 1997; EARTH, 1993).

Durante el ciclo de crecimiento que generalmente es de 7 a 9 meses, requiere de 1,000 a 1,500 mm de lluvias, bien distribuidas. Las etapas iniciales de crecimiento son las más exigentes en cuanto a disponibilidad de agua, ya que un atraso en las lluvias puede retrasar el inicio de la tuberización. El ñame necesita mucha agua pero no resiste el encharcamiento (Jiménez, 1988). Se hace necesario el mantenimiento de la humedad en los primeros 5 meses para garantizar el desarrollo de las plantas (Montaldo, 1991).

Este cultivo con periodo de iluminación de 12 horas diarias produce enredaderas vigorosas y el largo de los tallos aumenta, mientras que con periodos menores de 12 horas luz podría aumentar la producción de rizomas reservantes y tubérculos aéreos (Puga, 1995). Es conveniente establecer buenos sistemas de soportes vivos (madero negro, poro) o muertos, que permitan una mejor distribución

del follaje y así mejorar la eficiencia del sistema asimilatorio, que reduce el auto sombreó y mejora la relación biomasa aérea y biomasa subterránea (Jiménez, 1988).

## **2.2 La importancia de los soportes vivos: Madero Negro**

El término “soportes vivos” es un concepto relativamente nuevo, que ha sido utilizado para identificar un sistema agroforestal donde el componente arbóreo, además de producir beneficios ecológicos/agronómicos (sombra, aporte de nutrientes, protección al suelo) cumple con la función adicional de servir de tutor agrícola (Kass *et al.*, 2002). La práctica de utilizar soportes vivos consiste en el asocio de árboles o arbustos aislados en franja con cultivos anuales. La presencia de árboles aumenta el reciclaje de nutrientes aislados y la diversidad de especies de flora y fauna microbiana (Chavarria, 1991). La escogencia del tutor a utilizar, va a depender de la disponibilidad del material en la zona, con preferencia sea un árbol leguminoso que fije N, aporte materia orgánica y otros elementos nutritivos como fósforo, potasio y magnesio, como el madero negro que se encuentra en abundancia en la zona de producción de ñame en Panamá. El uso de soporte vivos se ha favorecido por la necesidad de utilizar prácticas de agricultura sostenible, además por la escasez de madera para tutores muertos, que ha traído como consecuencia la disminución de la producción e incremento en los costos (Jiménez *et al.* 1998).

El cultivo de ñame necesita de soportes vivos o muertos para incrementar la producción y calidad de los tubérculos. Se ha demostrado que la producción en ausencia del soporte, produce pérdidas en la calidad y rendimiento del orden de 30 al 50 por ciento (Salazar y Rodríguez, 1987). Los tallos de ñame poseen una estructura que no puede mantenerse erecta por si sola y esta condición la hace más susceptible a enfermedades como la antracnosis cuando está tocando el suelo. La altura de los soportes es de gran importancia en la producción del ñame, los soportes deben tener de 2 a 2.5m de alto y de 5 a 15cm de diámetro para que puedan resistir el peso de las plantas (Méndez *et al.* 2000). Aguilar (1996) determinó que los soportes de dos metros de altura, permite conseguir mayor rendimiento que cuando se utilizan soportes de menor altura o sin soportes. La técnica de utilizar

soportes vivos en ñame, se aplica en diferentes cultivos como la vainilla (*Vanilla planifolia*), la pimienta negra (*Piper nigrum*), el maracuyá (*Pasiflora edulis*) y en hortalizas como tomate (*Lycopersicon esculentum*) y el pepino (*Cucumis sativus*) (Jiménez *et al.*, 1998; Kass *et al.*, 2002).

El madero negro pertenece a la familia Leguminosae, sub familia Fabaceae. Es un árbol de porte medio, fijador de nitrógeno, que puede alcanzar alturas de 10m y diámetros

de 20 a 53cm. Las hojas del árbol son compuestas, tiene flores blancas o rosadas y una vaina como fruto. Su ámbito de distribución natural se extiende desde México hasta Panamá (CATIE, 1991). Es una especie leñosa de uso múltiple, de madera muy resistente, cuyas flores son consumidas por los seres humanos y su forraje por los rumiantes, ya que contiene altos contenidos de proteína 20-27% y la digestibilidad de la materia seca es de 58% (Otarola, 1995).

Los tutores vivos de madero negro pueden ser producidos a partir de semillas. En plantas provenientes de semillas el sistema radical es fuerte y profundo, con una raíz pivotante y raíces laterales en ángulo agudo respecto a la raíz principal, por lo tanto más resistente a los vientos y al peso de las plantas, en plantas provenientes de estacas la raíz es mas superficial (CONABIO, 2003). Sin embargo, debido a que las estacas o esquejes de muchos árboles pueden enraizar fácilmente (*Bursera*, *Gliricidia sepium*, *Erythrina*), es preferible utilizar las estacas, que a la larga ahorran trabajo, tiempo y dinero ya que se desarrollan mas rápido (Cáliz De Dios y Castillo, 2000).

Se desempeña mejor en tierras bajas húmedas tropicales y suelos no ácidos. Los residuos de podas (hojas y tallos tiernos) tienen un nivel alto de nutrientes (N, P, K) y baja relación C:N; los residuos de las podas se descomponen y son usadas como abono verde para cosechas perennes y anuales. Los mejores resultados están obtenidos con podas frescas e incorporadas al suelo (Budelman, 1987a). La mitad del peso seco del material de las hojas descompuestas se pierde después de solo tres semanas. El P y N son liberados en tiempo similar y el grado de pérdida del K es aproximadamente dos veces más rápido que el grado del C, N y P (Budelman, 1987a). Los residuos de podas del madero negro, comparados con *Erythrina poeppigiana* y *Gmelina arborea*, contienen más K, menos Mg y una cantidad de Ca intermedia entre el valor de las otras dos especies (Arguello *et al.*, 1987). Baron

(1986) concluyó que con una densidad de 6666 árboles por hectárea de madero negro y dos podas anuales, esta leguminosa arbórea aporta al suelo 198 kg ha<sup>-1</sup> de N, 18 kg ha<sup>-1</sup> de P, 160 kg ha<sup>-1</sup> de K, 74 kg ha<sup>-1</sup> de Ca y 27 kg ha<sup>-1</sup> de Mg.

El madero negro es utilizado por su fácil propagación ya sea por semillas o por estacas, por su capacidad de manejo a través de rebrotes o podas de copas, por su capacidad de fijar nitrógeno y por sus productos útiles. Crecen bien en suelos pobres y a

la vez los enriquece. Deja caer gran cantidad de hojas durante la estación seca, contribuyendo con su cobertura a conservar el agua subterránea (CATIE, 1991). Entre sus productos se obtiene madera y leña de muy buena calidad; la producción de follaje se utiliza como abono verde o forraje, y de la podas de sus ramas se obtienen varas y tutores para diversos cultivos (CATIE 1991, Hughes 1985). Lo utilizan también en asociación con pastizales, ya sea como sombra o como cercas vivas (Sánchez y Payne, 1987). En estudios realizados por Kang y Mulongoy (1987), muestran que los árboles y arbustos, particularmente de especies leguminosas como el madero negro, juegan un rol importante en los sistemas de cultivos tradicionales.

En investigaciones realizadas por Budelman (1991), con *Gliricidia sepium*, *Leucaena leucocephala* y *Flemingia macrophylla* como soportes vivos para el cultivo de ñame, obtuvo que el madero negro fue el soporte con el cual se produjo más ñame. Esto es en función de las características específicas de la especie del árbol; un sistema relativamente débil de desarrollo de raíz y una arquitectura abierta, que deja el suficiente espacio para la cosecha del ñame cultivado en asociación. Obando (1987), obtuvo resultados que indican que el mulch del madero negro, en cantidades de 6 y 8 ton ha<sup>-1</sup>, no tuvo efectos alelopáticos con los cultivos (maíz y frijol), mientras que si disminuye significativamente ciertas malezas asociadas a los cultivos.

Budelman (1987b), concluyó que la asociación de madero negro y ñame, es igualmente eficiente en términos de producción de tubérculos por unidad de área, que un cultivo de ñame con soportes muertos. Los soportes contribuyen en el reciclaje de nutrimentos entre plantas y el suelo y a mantener la productividad. Los árboles protegen al suelo de los efectos del sol, el viento y las lluvias (OTS/CATIE, 1986). Otros ensayos realizado por Budelman (1987c) donde utilizó soportes de

*Gliricidia sepium* y *Cassia siamea*, presentaron conclusiones similares. La utilización de mulch de madero negro en la producción de ñame, reduce 20% el tiempo de emergencia del cultivo (Budelman, 1991). El mulch proporciona considerables cantidades de nutrientes a la planta y esto da como resultado mayor producción de tubérculos. Al aplicar 15 toneladas ha<sup>-1</sup> de mulch de madero negro, dieron lugar a un incremento en la producción de los tubérculos de acerca de 2 toneladas ha<sup>-1</sup>. Budelman (1990) demostró que los árboles y el mulch crean las condiciones más favorables para el desarrollo de la planta del ñame ya que pueden mejorar la estructura del suelo con aumentos en la disponibilidad de nutrientes.

### **2.3 Complejo de enfermedades del ñame**

La antracnosis es una enfermedad producida por hongos que causa la desintegración de los tejidos. Ha sido considerada de importancia económica en diferentes países productores como Nigeria, Puerto Rico, Islas Salomón, Islas Fiji, Costa de Marfil, India, Estados Unidos y Colombia, entre otros (Osorio, 1987). El área sembrada con ñame criollo baboso (*D. alata*) en la Región del Caribe se redujó de 20,000 ha<sup>-1</sup>, en 1985 a cerca de 2,000 en 1992, debido a la alta incidencia de la enfermedad foliar “antracnosis”. La enfermedad ha causado la desaparición de genotipos que se utilizan para consumo interno y exportación (Corpoica, 2003).

La antracnosis es causada por varios géneros, donde predomina *Colletotrichum* spp. o su estado perfecto *Glomerella* spp., *Myrothecium* spp y, *Mycosphaerella* spp. El género *Colletotrichum* se encuentra distribuido en todo el mundo, causando serias pérdidas en varios tipos de cultivos como en fríjol, frutales y maderables. El patógeno es un habitante del suelo en forma libre, a expensas de tejido vegetal en descomposición. El crecimiento óptimo del hongo ocurre en el cultivo, a temperaturas entre 20 y 26°C con una alta humedad relativa (mayor de 80%), con lluvias moderadas a intervalos frecuentes (Acosta, 2000). Es conveniente alzar las guías lo antes posibles, ya que una de las formas de diseminación de la enfermedad es por el salpique de las lluvias y esta se desarrolla en un amplio rango de temperatura (Jiménez 1988, Icochea 1997). Hay que realizar un tratamiento previo a la semilla antes de la siembra con un funguicida y un insecticida (IDIAP, 1995).

Las lesiones ocasionadas por *Colletotrichum* generalmente se inician en los bordes de las hojas y se van expandiendo hacia el centro y los lados. Llegan a los tallos cuando éstos son suculentos y tiernos. Las lesiones son de color marrón oscuro y no presentan bordes definidos o coloreados. Cuando las lesiones están avanzadas y las condiciones son favorables el hongo esporula y se observan masas de esporas, algunas veces de color rosado pálido (Mora 1988, Jiménez 1988). Sus esporas son liberadas solo cuando la superficie del tejido infectado está húmeda, y son diseminados por las salpicaduras de la lluvia o del riego y por el viento, además por insectos, herramientas, manipuleo, etc.

Las esporas germinan solamente en contacto con el agua. Bajo condiciones adversas el hongo desarrolla su estado sexual para sobrevivir de una temporada a otra (Schwartz *et al.* 1980). Ataques de antracnosis en los primeros meses de crecimiento influyen sobre la calidad de los tubérculos principalmente al reducir su tamaño. La enfermedad se inicia en las partes bajas de la planta con una fuerte defoliación que facilita el paso de los rayos del sol quemando los ñames que sobresalen en el terreno (Gutiérrez, 1990).

Trabajos de investigación han demostrado que el potasio eleva la resistencia de las plantas contra el ataque de la antracnosis, porque incrementa el vigor de las plantas y las hace más resistentes a las enfermedades. Rivas y Chavarria (1995), encontraron una relación inversa entre el contenido de K y el índice de severidad de la antracnosis, de tal manera que entre más contenido de K hay en las hojas, menos susceptibilidad a la enfermedad. El K cumple funciones trascendentes en la fisiología de las plantas. Actúa a nivel del proceso de la fotosíntesis, en la traslocación de fotosintatos, síntesis de proteínas, activación de enzimas claves para varias funciones bioquímicas, mejora la nodulación de las leguminosas. Asimismo, una buena nutrición potásica aumenta la resistencia a condiciones adversas como sequías o presencia de enfermedades (Torres, 2003).

Para disminuir los índices de severidad de la enfermedad se podría hacer uso de materiales promisorios, puede complementarse con estrategias de manejo tendientes a disminuir el inoculo inicial, aplicar técnicas de biotecnología para la limpieza del material; que podría ser propagado *in vitro* y aclimatado (Bieberach *et al.*; 2001; Aguilera *et al.*,1999) y mejorar la nutrición de las plantas con fertilizaciones

que incrementen el contenido de K. Para reducir la incidencia de la enfermedad conjuntamente con el uso reducido de productos químicos es importante emplear combinaciones prácticas sobre el manejo cultural, los tratamientos de semillas, distancia de siembra, uso de semillas sanas (Mignucci, 1982).

Desde hace algunos años los problemas ocasionados por bacterias han ido en incremento, de tal manera que se han tenido que abandonar campos de cultivo. En Nigeria desde 1956, existen reportes de esta enfermedad (Nwankiti, 1978). Las bacterias son organismos unicelulares, incoloros o amarillentos, que se multiplican por bipartición,

tienen formas diversas y causan enfermedades en las plantas; tienen formas abastionadas, algunas especies están provistas de uno o más flagelos, no forman esporas

y en su mayoría Gran negativas. Al igual que los hongos afectan la parte foliar y las raíces (Icochea, 1997; Garcés, 1940).

Las bacterias se destacan por su capacidad de consumir gran cantidad de sustrato en muy poco tiempo, debido a la enorme actividad enzimática y a la gran velocidad con que se multiplican, esto sucede en los órganos carnosos de la planta como son los tubérculos, bulbos y raíces reservantes.

Las bacterias son transportadas por el viento en microgotas y partículas del suelo, por el agua de lluvia y por los insectos, los cuales llevan adheridas a su cuerpo las células bacterianas, después de visitar plantas enfermas. En el campo de una planta a otra las bacterias se difunden por salpicaduras de lluvia, práctica culturales y el paso de personas y animales. Los factores de medio ambiente que influyen, en el desarrollo de las bacterias tenemos el pH, la humedad y la conductividad eléctrica del suelo. El pH alcalino favorece el desarrollo de las bacterias, al igual que la alta humedad (Icochea, 1997).

La asociación de diversas especies de árboles con cultivos, puede tener diversos efectos sobre las enfermedades que lo atacan. Los árboles pueden causar cambios en el ambiente de la plantación, creando condiciones más propicias o limitantes para el desarrollo de las plagas y enfermedades. También pueden reducir la dispersión del inoculo o por el contrario ser hospederos de las plagas y

enfermedades (Phillips, 1993). Por esta razón ha sido importante destacar como influyen los árboles dentro de los sistemas productivos del ñame sobre las diferentes enfermedades que causan problemas.

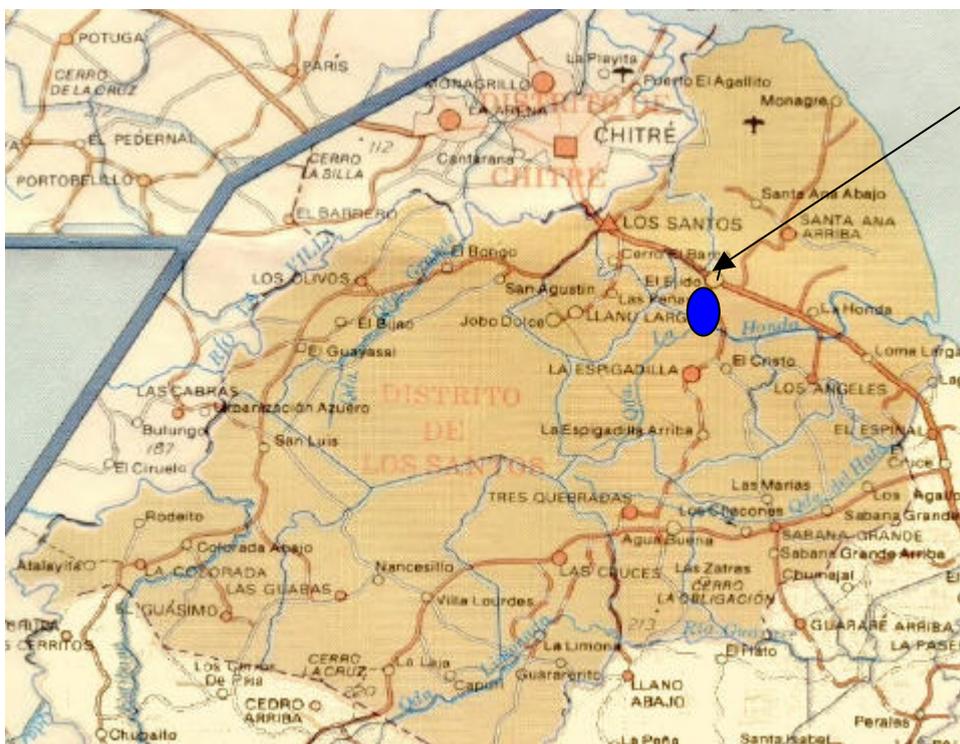
### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1 Descripción del área de estudio**

El estudio se estableció en la finca experimental El Ejido del Centro de Investigación Agropecuario de Azuero perteneciente al Instituto de Investigaciones Agropecuarias de Panamá (IDIAP), (Figuras 1 y 2), ubicada en la provincia de Los Santos, a una latitud: 7°54'31" N longitud 80°22'12" O, con una altura de 41 msnm.



**Figura 1.** Mapa del país de Panamá y la ubicación del área de estudio, Centro de Investigación Agropecuario de Azuero, finca El Ejido, provincia de Los Santos, Panamá, 2003.



La finca El Ejido esta ubicada en la provincia de Los Santos, a una latitud  $7^{\circ} 54' 31''$  N longitud  $80^{\circ} 22' 12''$  O y con una altura de 41 msnm

**Figura 2.** Mapa de ubicación de la finca El Ejido, Centro de Investigaciones Agropecuaria de Azuero, provincia y distrito de Los Santos, Panamá, 2003.

En la zona de estudio predomina el clima tropical, y está comprendida en el bosque seco premontano (Holdridge, 1978). Según Méndez (1961), este tipo de clima se caracteriza por la presencia de dos estaciones: la estación húmeda (mayo a noviembre) y la estación seca (diciembre a abril) siendo los meses de mayor precipitación junio, julio y agosto. La mayor parte de las lluvias son de corta duración, alta intensidad y carácter localizado (Chitré Net, 2002). La precipitación anual media es de 1122 mm y temperatura media es 27.3 °C (Herrera *et al.*, 1997).

Los suelos pertenecen a las tierras bajas de las costas pacíficas del Istmo de Panamá. Los suelos son alfisoles principalmente y tienen características de ser finos, mezclados, clasificados como isohipertérmico, Udic haplustalf. Su color es pardo rojizo, arcilloso, estructura en bloques subangulares medios moderados, dura en seco, friable en húmedo, ligeramente adhesivo y ligeramente plástico (Jaramillo, 1991). Los suelos son utilizados para la ganadería y agricultura, siembras de productos hortícolas, melón, sandías, zapallos, ají, tomate y maíz.

### **3.2 Material experimental y establecimiento del ensayo**

Se utilizaron tubérculos de ñame (*Dioscorea alata* L.), clon Darién traídos de la provincia de Darién, como semilla. La preparación de la semilla consistió en picar los tubérculos en secciones con peso promedio de 3 onzas, luego tratadas con fungicida Benomil a razón de 0.5 g l<sup>-1</sup> de agua e insecticida Oxamil a razón de 6 a 9 ml l<sup>-1</sup> de agua para protegerla de los patógenos del suelo. Luego se secaron a la sombra por 24 horas, antes de la siembra.

El material utilizado para el tutoraje fue madero negro (*Gliricidia sepium*) proveniente de árboles con más de dos años de plantados y utilizados como cercas vivas en la finca El Ejido. Las estacas de madero negro fueron cortadas a 2m de alto y con diámetros de 4 a 8 cm. Cortando la base de la estaca en forma plana y la parte apical en forma de cuña.

## **Siembra**

Antes de realizar la siembra se efectuó un análisis de suelo de las variables (pH, N, P, K, Mg y Ca), una muestra compuesta de toda la parcela, según la metodología de Ramírez, (1998).

La siembra de los tutores se realizó en el mes de octubre del 2002. Antes de la siembra se efectuó la preparación del terreno con un pase de arado y dos de rastra. La siembra de la semilla de ñame se realizó tres meses después de la siembra de los tutores, en el mes de febrero del 2003. Utilizando una semilla por sitio, a una profundidad de 10 cm de la superficie del suelo en lomos de 40 cm de alto. Las distancias de siembra para el madero negro y el ñame, o las densidades son de acuerdo a los tratamientos del ensayo.

## **Manejo agronómico**

Las fertilizaciones para el cultivo de ñame se realizaron de forma general en todos los tratamientos. Se aplicó 3 qq ha<sup>-1</sup> de fertilizante completo 12-24-12 (N P K), fraccionado en dos aplicaciones a los 30 y 90 días después de la siembra. La tercera fertilización se realizó con (K) foliar a los 120 días después de la siembra.

El control de malezas se realizó con Glifosato y Paraquat a razón de 1 l ha<sup>-1</sup> en las calles y bordes de la parcela, en los lomos se realizó manualmente con azadas y machetes.

## **Riego**

Se realizaron riegos mediante un sistema por goteo (cintas con goteros a cada 40 cm, con un caudal de 2 Lhr<sup>-1</sup> cada uno) (Gil, 2000). La frecuencia de riego fue cada dos días, con un tiempo de riego de 60 a 120 minutos, en horas de la tarde. El tiempo de riego fue igual para todos los tratamientos, hasta el establecimiento de las lluvias, aproximadamente en el mes de abril.

### 3.3 Diseño de experimento y tratamientos

El diseño utilizado fue bloques completos al azar con ocho tratamientos y cuatro repeticiones (Figuras 3, 4 y 5). Los tratamientos son:

- T1- Testigo Absoluto – Sin soporte y 0.33m de distancia entre plantas.
- T2- Testigo (2) – Con tutores muertos y 0.33m de distancia entre plantas.
- T3- G. sepium, soportes a 0.50m de distancia y 0.33m de distancia entre plantas.
- T4- G. sepium, soportes a 0.50m de distancia y 0.25m de distancia entre plantas.
- T5- G. sepium, soportes a 2m de distancia y 0.33m de distancia entre plantas.
- T6- G. sepium, soportes a 2m de distancia y 0.25m de distancia entre plantas.
- T7- G. sepium, soportes a 4m de distancia y 0.33m de distancia entre plantas
- T8- G. sepium, soportes a 4m de distancia y 0.25m de distancia entre plantas.

#### Modelo matemático

El modelo matemático utilizado en el ensayo que describe el comportamiento de las variables de respuesta es el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + B_j + T_i + b(x_{ij}) + \epsilon_{ij}$$

Donde;

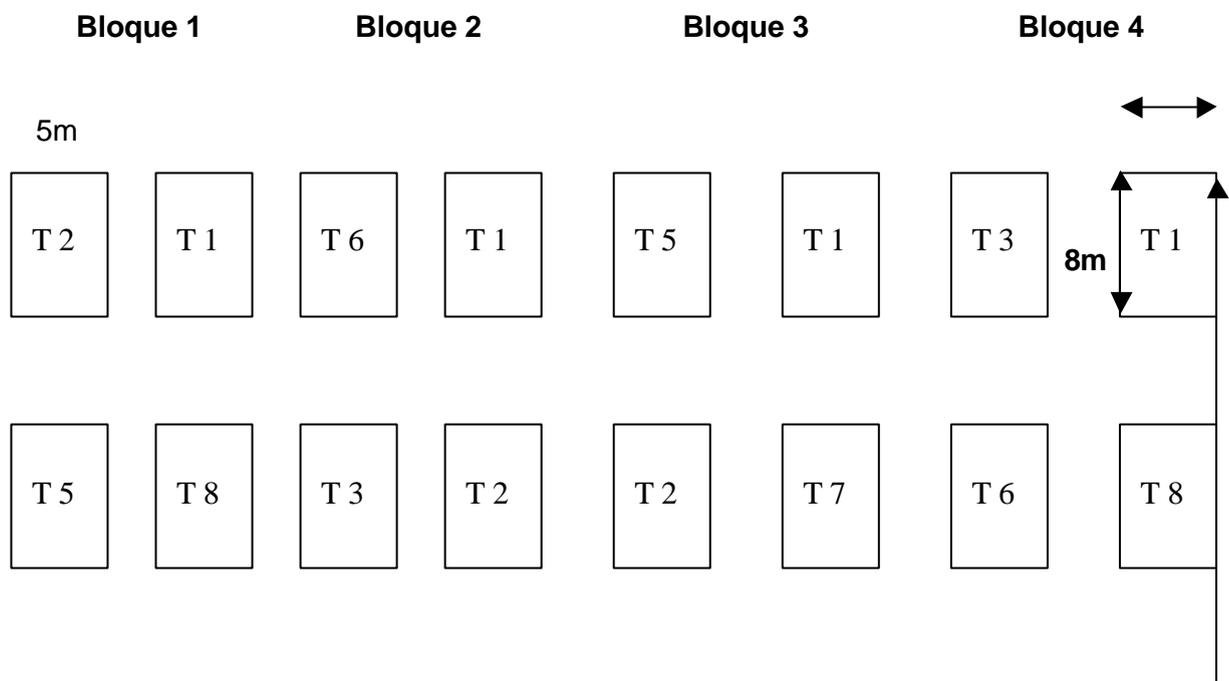
$\mu$  = Media poblacional

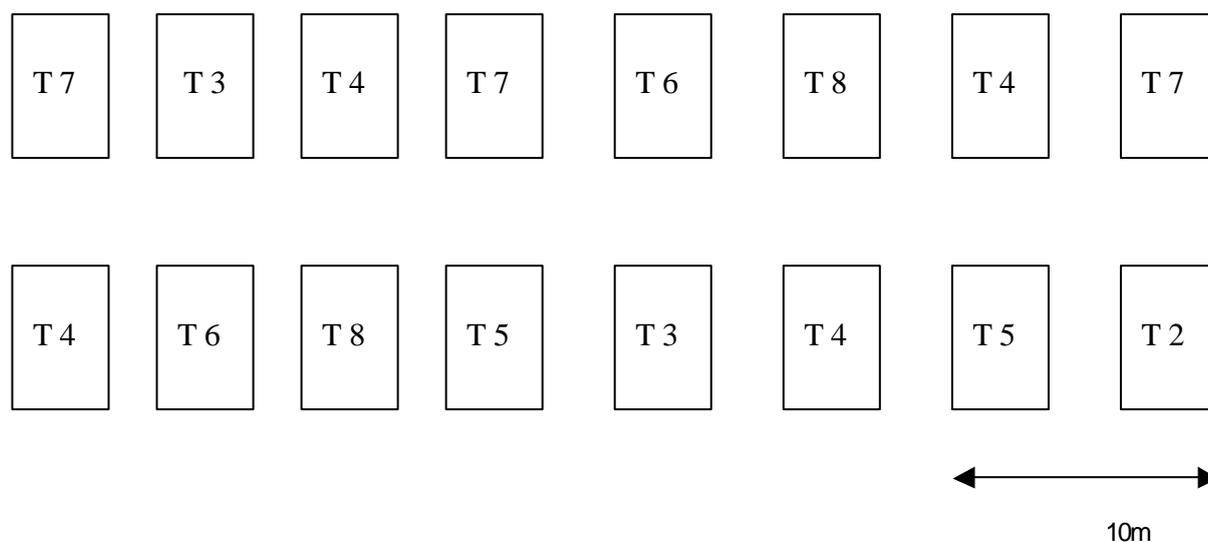
$T_i$  = Efecto de los tratamientos.

$B_j$  = Efecto de los bloques.

$b(x_{ij})$  = Efecto de covariable, ataque de antracnosis.

$\epsilon_{ij}$  = Error experimental .





- T1- Testigo Absoluto – Sin soporte y 0.33m de distancia entre plantas.  
 T2- Testigo (2) – Con tutores muertos y 0.33m de distancia entre plantas.  
 T3- G. sepium, soportes a 0.50m de distancia y 0.33m de distancia entre plantas.  
 T4- G. sepium, soportes a 0.50m de distancia y 0.25m de distancia entre plantas.  
 T5- G. sepium, soportes a 2m de distancia y 0.33m de distancia entre plantas.  
 T6- G. sepium, soportes a 2m de distancia y 0.25m de distancia entre plantas.  
 T7- G. sepium, soportes a 4m de distancia y 0.33m de distancia entre plantas.  
 T8- G. sepium, soportes a 4m de distancia y 0.25m de distancia entre plantas.  
**8 tratamientos x 4 bloques = 32 unidades experimentales**

Figura 3. **Esquema de la distribución espacial de las diferentes densidades de siembra**

**de ñame y madero negro, en el campo, finca El Ejido, Azuero,**

**Panamá, 2003.**

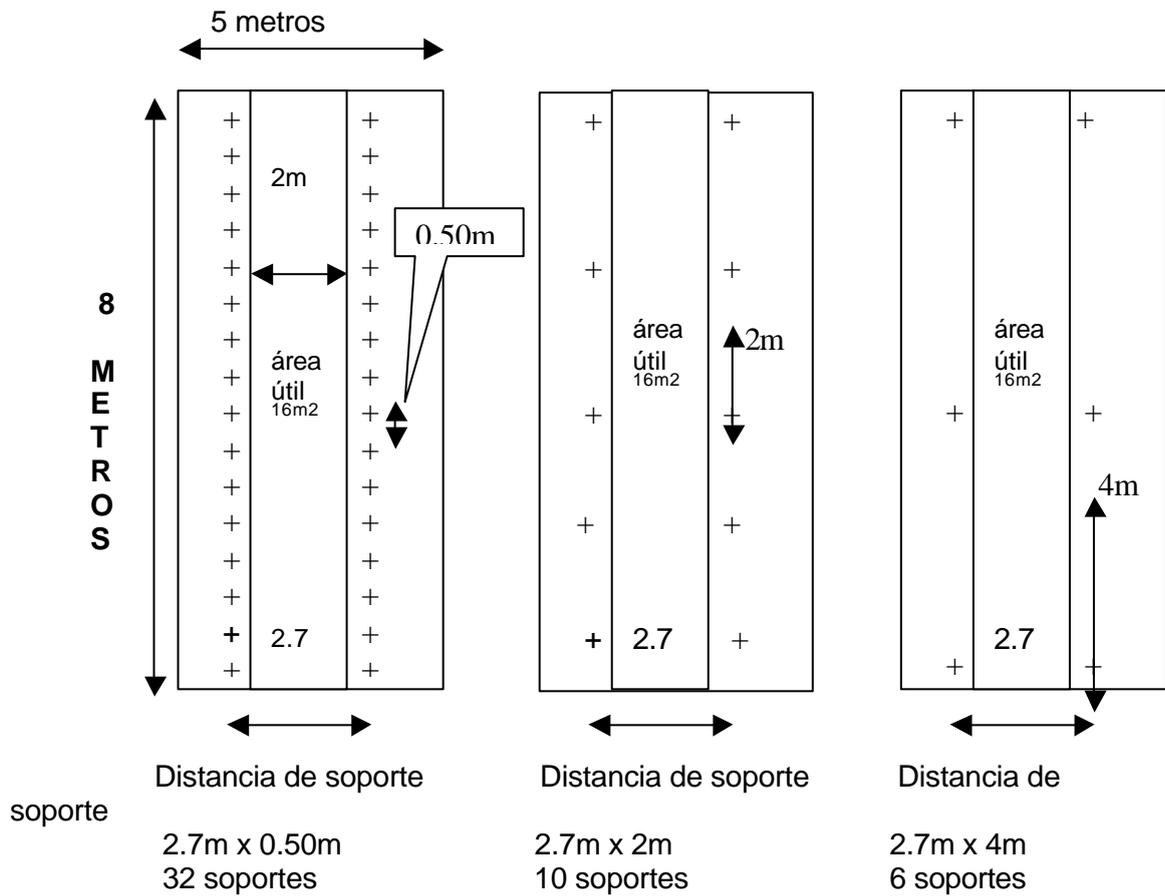


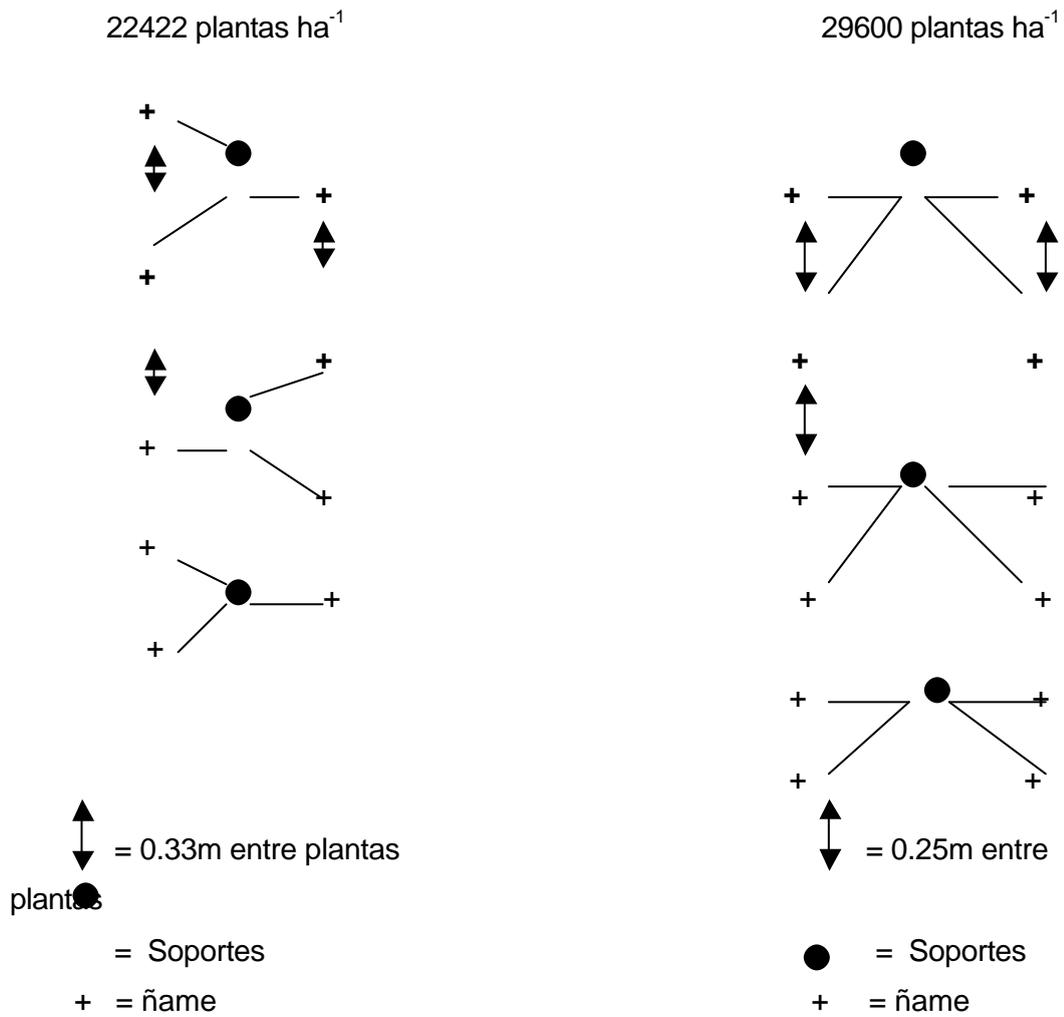
Figura 4. **Diferentes distancias de siembra de los soportes de madero negro y**

**área útil de mediciones, dentro de las parcelas de ñame, en la**

**Finca El**

**Ejido, Azuero, Panamá, 2003.**

**(+) Soporte vivo**



**Figura 5.** Diferentes densidades de siembra de ñame dentro de las parcelas en la finca, El Ejido, Azuero, Panamá, 2003.

### 3.4 Variables estudiadas.

#### 3.4.1 Condiciones climáticas

##### 3.4.1.1 Precipitación

Los registros de precipitación se efectuaron a través un pluviómetro ubicado en la finca El Ejido, a 500 metros del área de estudio. Las lecturas se realizaron diariamente durante tres meses (mayo, junio y julio) críticos del cultivo de ñame entre el desarrollo de la planta e inicio de la tuberización.

#### **3.4.1.2 Humedad relativa y temperatura**

La humedad relativa y la temperatura fueron medidas mediante un hygómetro (Airaquide Instrument, Chicago USA). Los datos se tomaron en los meses de mayo a julio (meses de desarrollo vegetativo y tuberización), debajo del follaje del ñame dentro del área útil de muestreo. Se realizó una medición en cada uno de las parcelas, en intervalos de 15 días. Los datos se tomaron entre las 8:00am a 10:00am al igual que los datos de enfermedad, para evitar las posibles ocurrencias de lluvias en horas de la tarde.

#### **3.4.1.3 Humedad del suelo**

Se realizó una medición por mes de la humedad del suelo en mayo y julio (meses de desarrollo vegetativo y tuberización). Se tomó una sub muestra de 100g de suelo húmedo en el lomo de la línea de siembra, del área útil de cada parcela, enviándolas al laboratorio de suelo del IDIAP, donde se tomó el peso húmedo y luego se seco a 105 °C por 24 horas, para nuevamente tomar el peso seco, determinando la humedad del suelo a través de la diferencia de peso. La medición de la humedad del suelo se realizó en las mismas semanas donde se tomarán los datos de luminosidad, humedad relativa, temperatura, incidencia y severidad de la antracnosis.

#### **3.4.2 Radiación solar**

La radiación solar se midió en el mes de julio, en cada parcela, a 3 diferentes horas (9:00, 11:00 y 13:00) y a una altura de 1.0 m del suelo, debajo de los soportes de madero negro. Se utilizó un ceptómetro para medir la luminosidad (Delta – T Devices). Para esta fecha el ñame había completado su máximo desarrollo vegetativo y se encontraba en la fase de desarrollo de tubérculos. Para cada hora, se tomaron 3 lecturas seguidas en cada lugar y promediando las lecturas, el cual correspondía a la medida de la parcela. Se replicó esto en los 4 bloques de los 8 tratamientos, recolectando 480 datos en total.

### **3.4.3 Muestreo de suelos**

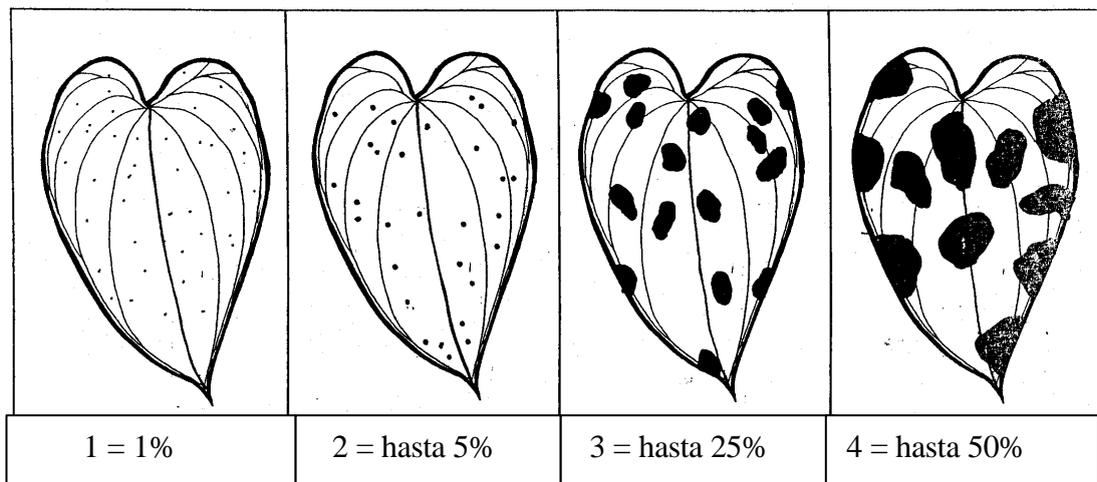
Para determinar diferencias entre los minerales presentes antes de la siembra y después de la cosecha y comparar si hubo respuesta con respecto al aporte de los tutores vivos, se realizó el muestreo de suelo inicial y final por parcela. Se tomó una muestra de cada parcela con submuestras de cada bloque con el mismo procedimiento determinado para la extracción de muestras utilizado la metodología de Ramírez, (1998). Se extrajeron 32 muestras en total, las cuales se mezclaron por tratamiento quedando solo 8 muestras compuestas que representaban a cada uno de los tratamientos. Se enviaron al laboratorio de suelo del IDIAP, para su análisis de las variables (pH, N, P, K, Mg y Ca). Estos análisis no forman parte de nuestros objetivos, pero se realizaron para comparar con el primer análisis para lo cual no hubo replicaciones.

### **3.4.4 Incidencia y severidad del complejo de enfermedades**

Para realizar el análisis de severidad del complejo de enfermedades se utilizó la lectura y clasificación del desarrollo de síntomas del complejo de enfermedades en la lámina foliar adaxial, de acuerdo a la escala pictórica (Figura 6). Se efectuaron seis muestreos de plantas con intervalos de 15 días en los meses de mayo, junio y julio en las etapas de desarrollo vegetativo y tuberización del cultivo.

Para evaluar la severidad se escogieron 10 plantas al azar en el área útil de cada parcela. En cada planta se marcaron 6 hojas con cintas de lana, 2 hojas en la parte alta a 0.80cm hacia la parte apical, 2 hojas en la parte media (de 0.30 a 0.80cm) y 2 hojas en la parte baja (del suelo hasta 0.30cm).

Para evaluar la incidencia de la enfermedad, se contaron todas las plantas por cada parcela. Se contaron todas las plantas que presentaron manchas de la enfermedad para determinar el porcentaje de plantas enfermas. Para esta evaluación se tomaron en consideración las hojas que tenían manchas de la enfermedad con rangos del 1 al 50%.



1-Hojas con el 1 % del área manchada.

3- Hojas hasta con el 25% del área manchada

2- Hojas hasta con el 5% del área manchada

4- Hojas hasta con el 50% del área manchada

5- Hojas con más del 50% del área manchada

**Figura 6.** Escala pictórica para estimar la severidad del complejo de enfermedades en el área foliar del ñame, con 5 niveles de severidad (Von Chong, 2000).

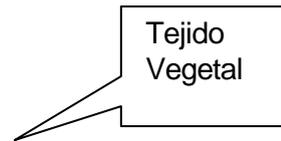
### Presencia de enfermedades

Para determinar la presencia de enfermedades en el cultivo de ñame se procedió a recolectar muestras de hojas que presentaban afecciones necróticas. Las cuales fueron llevadas al laboratorio de fitopatología del Instituto de Investigaciones Agropecuaria de Panamá (IDIAP).

Se realizó un corte con un bisturí esterilizado en el tejido próximo al área necrosada en las hojas. La muestra se colocó en un portaobjeto y se añadió una gota de agua destilada y se cubrió con un cubreobjeto. Se colocó el portaobjeto en el microscopio para observar la salida del flujo bacterial y determinar la presencia de bacterias en el cultivo (Figura 7).

Flujo  
Bacterial





**Figura 7.** Tejido vegetal de ñame afectado por bacteriosis, salida del flujo bacterial.

Para aislar la bacteria se procedió a hacer lavado del tejido vegetal de 2 a 5 minutos con abundante agua para eliminar la mayor cantidad de contaminantes. Se cortó un pedazo de tejido de 1 a 3mm de longitud, se picó y se mezcló con agua, luego se dejó reposar por 2 a 4 minutos para permitir que las bacterias fluyan en el líquido. Con un aza bacterial se tomó una muestra de la suspensión y se procedió a realizar un rayado

continuo en el plato petri con agar. Para obtener cultivos puro de las bacterias, con el aza se tomaron muestras de las colonias que se encontraban aisladas y se suspendieron en 2 cc de agua destilada esterilizada. Se agitó la suspensión hasta observar que no habían grupos sólidos de bacterias, luego en la cámara de flujo laminar se esterilizó el aza con el mechero y se tomó una muestra de la suspensión y se depositó en platos petri con un medio nuevo. Se realizó crecimientos de colonias en diferentes medios (Anexo 1). Se tiñeron las bacterias para determinar si eran Gran positivas o Gran negativas, se seleccionó una muestra de la colonia bacterial, se diluyó y se esparció en una lamina de un portaobjeto. Se depositaron gotas de violeta genciana sobre las bacterias y se esperó un minuto, se lavó con agua corriente y se sacudió, el remanente de agua se eliminó utilizando varias gotas de yodo por un minuto. Se inclinó el portaobjeto añadiéndole decolorante hasta que se observó que no salía color y se enjuagó con agua por 20 segundos, finalmente se hecho safranina, y se dejó reposar por un minuto y posteriormente se enjuagó con agua corriente.

Para determinar si las bacterias eran patogénicas se realizó una prueba de hipersensibilidad. Se tomó una muestra de la bacteria aislada y purificada, se diluyó

en agua destilada estéril, inoculando a nivel de hojas de plantas de tomate para esperar el desarrollo de síntomas.

### **3.4.5 Rendimiento de tubérculos**

Para estimar los rendimientos se realizó la cosecha a la edad de 8 meses de las plantas, específicamente en el mes de septiembre. Se realizó de forma manual con pala, se cortó el follaje dejando parte del tallo unido al tubérculo para facilitar la salida y conteo de las plantas. Se evaluaron los tubérculos de cada planta en campo, para determinar rendimientos de: número de tubérculos por planta por tratamiento, rendimiento total (peso por tubérculo) y rendimiento de acuerdo a tres categorías. La clasificación de las categorías se basó en tubérculos negociables, con pesos mayores a 500 gramos con formas cilíndricas, lisos o en forma de manos. Los tubérculos de semilla fueron con pesos mayores de 100 gramos pero menores de 500 gramos, con malformaciones que no sean fisiológicas ni patogénicas y la tercera categoría de tubérculos de desecho.

### **3.4.6 Evaluación económica**

Para comparar los beneficios económicos asociados a cada tratamiento, se realizó un análisis de costos y se calculó la relación beneficio costo. Los costos toman en cuenta todos los costos de producción, ya que estos para el efecto no son iguales para todos los tratamientos (Anexos 6 y 7). Los costos de producción de una hectárea de ñame se representan por los insumos, sistema de riego y labores utilizados en el cultivo. Las labores culturales que se incluyen en los costos del cultivo, son representadas por costos de mano de obra y horas/máquinas. Las horas/máquina incurridas fueron en la preparación del terreno, un pase de arado y dos de rastra, las cuales tienen un costo de 25 dólares por hora. Los costos de mano de obra involucran, costos de la siembra que incluyen el picado de semilla, hoyado del terreno, los cuales dependen de la densidad de siembra. Además los generados por la fertilización, la limpieza manual y con aplicaciones de herbicidas, control de plagas y enfermedades, y la cosecha manual.

Los ingresos corresponden únicamente a los tubérculos clasificados como negociables y semillas, se consideraran los precios establecidos por el mercado, \$46.71/qq para el tubérculo comercial y a \$35.00/qq para los tubérculos de semillas en septiembre 2003 (Anexo 2).

### **3.5 Análisis estadístico**

Para las variables rendimiento total, peso de tubérculos negociables, semilla y desecho, se realizó un análisis de varianza utilizando el paquete estadístico SAS, correspondiente a un diseño de bloques completos al azar, para determinar el efecto de los tratamientos sobre las variables de respuesta. Se aplicó una prueba de Duncan, para realizar la comparación de medias y determinar si existía significancia estadísticas. Un análisis de contrastes ortogonales para comparar los rendimientos por tratamientos.

Para la variable luminosidad se practicó un análisis de varianza, mediante el paquete estadístico SAS, para determinar la entrada de radiación solar por tratamientos.

En el cual se utilizarón las medidas de irradiación solar fuera de las parcelas (pleno sol) y las medidas de irradiación solar en cada uno de los tratamientos por horas, se promediaron y se sacó la interferencia. Se aplicó una prueba de Duncan y un análisis de contrastes para comparar la radiación por tratamientos.

Para las variables de incidencia y severidad de la antracnosis se practicó el análisis de varianza, regresiones para determinar la correlación con las variables temperaturas, humedad relativa y humedad del suelo.

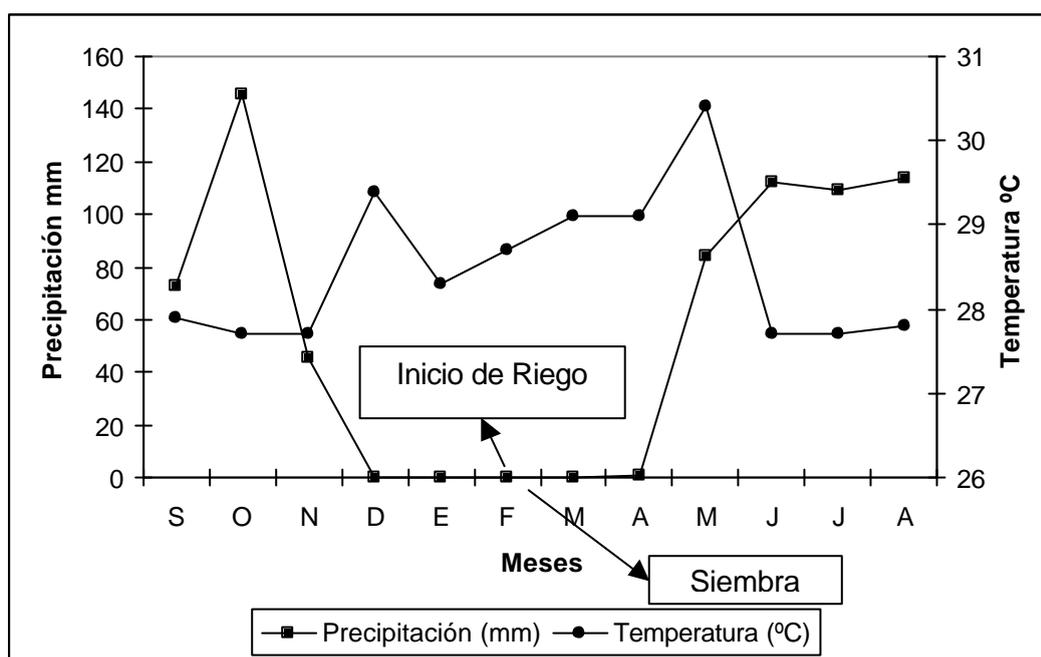
## **IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **4.1 Condiciones climáticas**

#### **4.1.1 Precipitación y temperatura**

En el periodo del experimento se recibieron 683mm de lluvia distribuidas en ocho meses. En los meses de diciembre a abril la precipitación se registró con valores cercanos a cero, considerados como meses de sequía (Figura 8). Debido a estos meses de sequía se instaló el sistema de riego por goteo el mes de febrero, para suplir el agua exigida para el desarrollo de las plantas y evitar la diseminación de enfermedades por las salpicaduras de las gotas de lluvias (Jiménez 1988, Icochea 1997) (Figura 8). El cultivo de ñame requiere de 1000 a 1500mm de lluvia bien distribuidas, en especial en las etapas iniciales y las temperaturas deben oscilar entre 25 a 30°C (Montaldo, 1991). En Panamá la utilización de riego para el cultivo

de ñame es poco común, los productores lo utilizan solo como respaldo ya que siembran en la época lluviosa.



**Figura 8.** Medias mensuales de precipitación (mm) y temperatura (°C) durante el ciclo del cultivo de ñame, finca El Ejido, Azuero, Panamá. 2002 – 2003.

Las temperaturas para este periodo oscilaron entre 27 y 30 °C. La precipitación y temperatura pueden considerarse dentro de los parámetros de tolerancia como reporta Montaldo (1991).

Las temperaturas promedio mensuales registradas para cada tratamiento durante los tres meses de registros de las variables, se presentó la mayor temperatura para el T1 con 31°C y la menor temperatura fue registrada por el T2 y T6 con 29°C, no hubo diferencias significativas, todas las temperaturas en los diferentes bloques fueron muy parecidos (Cuadro 1).

**Cuadro 1.** Medias mensuales de temperatura de las diferentes densidades de siembra de ñame y madero negro por bloques registradas en los meses de mayo, junio y julio, en la finca E Ejido, Azuero, Panamá, 2003.

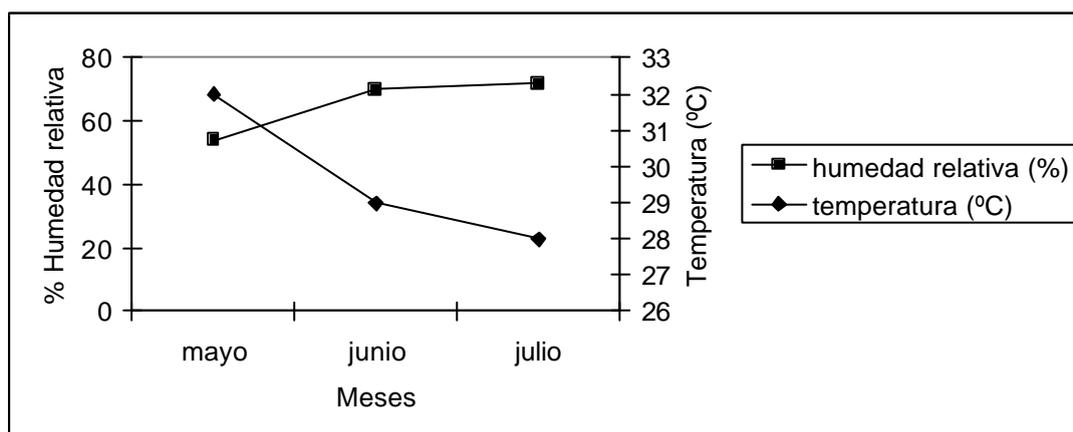
Temperaturas en °C					
Tratamientos	Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3	Bloque 4	Promedio
T1	30	29	33	31	31
T2	28	29	29	31	29
T3	30	29	31	30	30
T4	31	29	30	30	30

T5	29	30	29	31	30
T6	31	28	30	30	29
T7	29	29	31	30	30
T8	30	30	31	30	30

- T1- Testigo Absoluto – Sin soporte y 0.33m de distancia entre plantas.  
T2- Testigo (2) – Con tutores muertos y 0.33m de distancia entre plantas.  
T3- G. sepium, soportes a 0.50m de distancia y 0.33m de distancia entre plantas.  
T4- G. sepium, soportes a 0.50m de distancia y 0.25m de distancia entre plantas.  
T5- G. sepium, soportes a 2m de distancia y 0.33m de distancia entre plantas.  
T6- G. sepium, soportes a 2m de distancia y 0.25m de distancia entre plantas.  
T7- G. sepium, soportes a 4m de distancia y 0.33m de distancia entre plantas  
T8- G. sepium, soportes a 4m de distancia y 0.25m de distancia entre plantas.

#### 4.1.2 Humedad relativa y temperatura

Los datos meteorológicos que presenta la Figura 9, corresponden al ciclo del cultivo, en los tres meses críticos con respecto a las enfermedades (mayo, junio, julio). Según la figura la humedad relativa aumenta cuando la temperatura registrada presenta disminución.



**Figura 9.** Medidas mensuales de humedad relativa y temperatura, durante los meses

críticos (mayo, junio y julio) del cultivo de ñame con respecto al complejo de

enfermedades en la finca El Ejido, Azuero, Panamá. 2003.

Las variaciones de humedad relativa presentada en los meses de registro para cada tratamiento no represento diferencias significativas, se observa que el T8 presenta la menor humedad relativa con valores del 63.8% y el T1, la mayor humedad relativa con un 68.3% (Cuadro 2).

**Cuadro 2.** Medias de la humedad relativa (%) de las diferentes densidades de siembra

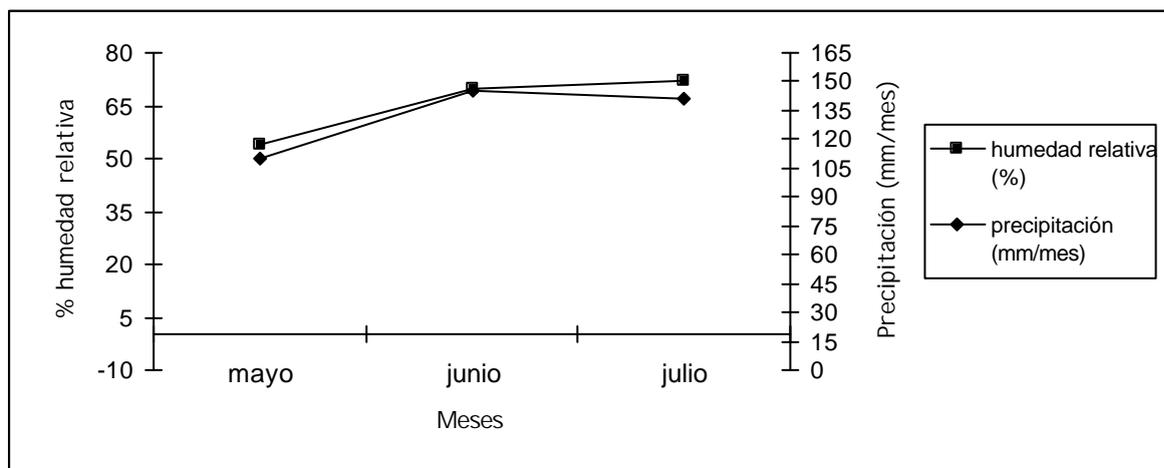
de ñame y madero negro por bloques, registradas en los meses de mayo, junio y julio, en la finca El Ejido, Azuero, Panamá, 2003.

Humedad Relativa (%)					
Tratamientos	Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3	Bloque 4	Promedio
T1	74,8	69,4	60,3	68,8	68,3
T2	72,3	64,8	65,6	62,2	66,2
T3	65,8	68,1	62,8	63,8	65,1
T4	66,4	62,3	62,8	64,8	64,0
T5	71,8	60,1	67,5	62,3	65,4
T6	65,5	68,2	62,7	64,5	65,2
T7	71,5	62,2	59,1	66,0	64,7
T8	68,6	62,2	59,7	64,7	63,8

- T1- Testigo Absoluto – Sin soporte y 0.33m de distancia entre plantas.  
T2- Testigo (2) – Con tutores muertos y 0.33m de distancia entre plantas.  
T3- G. sepium, soportes a 0.50m de distancia y 0.33m de distancia entre plantas.  
T4- G. sepium, soportes a 0.50m de distancia y 0.25m de distancia entre plantas.  
T5- G. sepium, soportes a 2m de distancia y 0.33m de distancia entre plantas.  
T6- G. sepium, soportes a 2m de distancia y 0.25m de distancia entre plantas.  
T7- G. sepium, soportes a 4m de distancia y 0.33m de distancia entre plantas.  
T8- G. sepium, soportes a 4m de distancia y 0.25m de distancia entre plantas.

#### 4.1.2 Humedad relativa y precipitación

El comportamiento de la humedad relativa y precipitación durante los meses de mayo, junio y julio, registradas en las áreas del ensayo, presentan que este comportamiento es similar para ambas, al aumentar la precipitación aumenta la humedad relativa (Figura 10).



**Figura 10.** Medidas mensuales de humedad relativa y precipitación, durante los meses

de críticos (mayo, junio y julio) del cultivo de ñame con respecto al complejo enfermedades en la finca El Ejido, Azuero, Panamá. 2003.

En los tres últimos años la precipitación mensual ha sido bastante similar, aunque en los años 2001 y 2002, en los meses de mayo y junio la precipitación fue inferior a la del 2003 (Anexo 3).

#### 4.1.4 Humedad del suelo

De acuerdo al Cuadro 3, la humedad del suelo estimada por la diferencia de peso húmedo y peso seco, permitió determinar al porcentaje de humedad para cada muestra de suelo por tratamientos, la cual no presento diferencias significativas, fueron muy similares. Los porcentajes de humedad obtenidos presentan rango menor de 30.1 % en el T3 y rango mayor en el T2, con 33.3 % de humedad retenida en el suelo.

**Cuadro 3.** Humedad del suelo registrada en el ensayo de acuerdo a las diferentes densidades de siembra de ñame y madero negro por bloques, en la finca El Ejido, Azuero, Panamá, 2003.

Humedad del suelo (%)					
Tratamientos	Bloque1	Bloque 2	Bloque 3	Bloque 4	Promedio
T1	32,1	35,5	30,5	32,1	32,5
T2	34,2	30,0	33,7	35,2	33,3
T3	34,3	34,1	25,0	27,2	30,1
T4	34,9	29,6	28,5	28,1	30,3
T5	31,2	32,5	32,1	32,3	32,0
T6	31,0	31,1	28,6	31,4	30,5
T7	32,8	29,4	37,5	30,6	32,6
T8	34,7	31,2	35,2	30,4	32,9

T1- Testigo Absoluto – Sin soporte y 0.33m de distancia entre plantas.

T2- Testigo (2) – Con tutores muertos y 0.33m de distancia entre plantas.

T3- G. sepium, soportes a 0.50m de distancia y 0.33m de distancia entre plantas.

T4- G. sepium, soportes a 0.50m de distancia y 0.25m de distancia entre plantas.

T5- G. sepium, soportes a 2m de distancia y 0.33m de distancia entre plantas.

T6- G. sepium, soportes a 2m de distancia y 0.25m de distancia entre plantas.

T7- G. sepium, soportes a 4m de distancia y 0.33m de distancia entre plantas  
T8- G. sepium, soportes a 4m de distancia y 0.25m de distancia entre plantas.

## 4.2 Incidencia de la radiación solar

Las mediciones de la radiación solar se presentan en la Figura 11. De acuerdo a los datos registrados, el tratamiento sin tutores (T1) presenta la mayor cantidad de radiación solar en las tres diferentes horas de medición, con rangos de 648 a 1696 MJ/m<sup>2</sup>. Luego continúa el tratamiento (T2) con soportes muertos con rangos de 437 a 1422 MJ/m<sup>2</sup> al estar sus plantas elevadas la interferencia es dada solo por posición de las mismas plantas. Estos dos tratamientos T1 y T2 al no contemplar árboles en las parcelas, la entrada de luz fue más directa, sin o con muy poca interferencia. El tratamiento T1 al estar sin soportes, su follaje estaba sobre el suelo y a pesar de esto se especula que debería recibir el 100% de la irradiación solar y no fue así, esto pudo ser motivado por la cercanía de los demás tratamientos, los cuales podrían estar interfiriendo con el ángulo de entrada de luz, eso se nota por el hecho de que las 8:00 am el efecto es mayor. Los datos fueron tomados en las horas explicadas en la metodología, porque en este periodo del día se presenta el sol más radiante. En el área de Azuero en horas más tempranas la nubosidad esta más baja y puede interferir con la entrada de la luz y para las horas de la tarde había probabilidades de lluvia.

El tratamiento T1 recibió mayor irradiación 13% que el tratamiento con soportes muertos T2 y a su vez 25% mas que los tratamientos con soportes de madero negro. La competencia por luz puede ocurrir cuando una hoja impide el paso de luz a otra, en la misma o diferente planta. Es oportuno mencionar que la cantidad y la disposición foliar juegan un papel importante en la competencia por luz (Zimdahl, 1980).

Los tratamientos con menos incidencia de radiación solar fueron el T3 y T4, los cuales contaban con soportes a 0.50m de distancia presentaron rangos de T3 (142 a 476 MJ/m<sup>2</sup>) y T4 (248 a 725 MJ/m<sup>2</sup>), estos soportes no fueron podados y por su cercanía formaban junto con el follaje del cultivo un techo que impedía la entrada de la radiación solar.

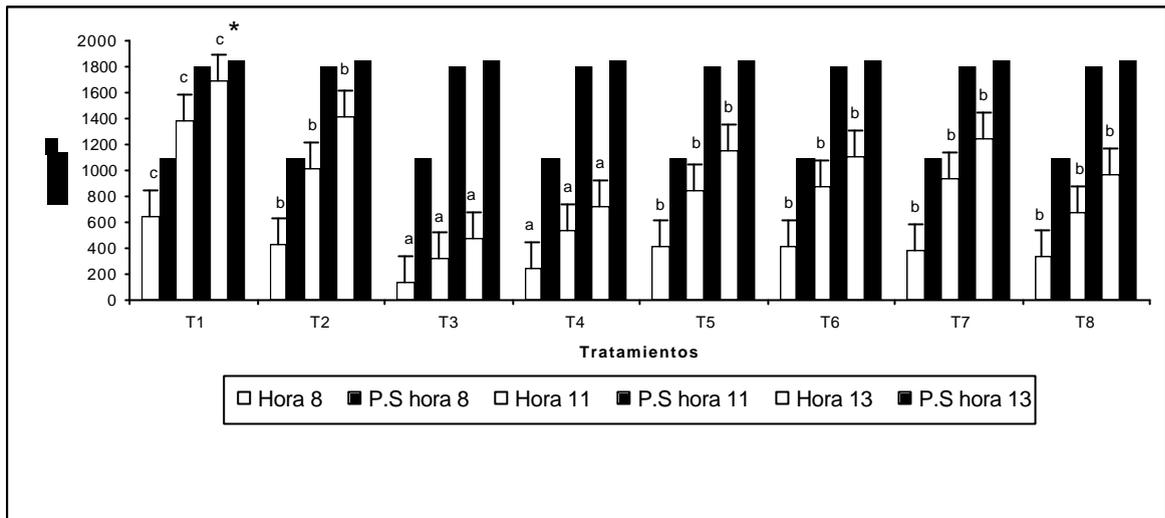
Para los tratamientos T5 y T6 con soportes a 2m de distancia, presentaban rangos de T5 (412 a 1150 MJ/m<sup>2</sup>) y T6 (413 a 1106 MJ/m<sup>2</sup>), no difieren mucho de los tratamientos T7 y T8 que presentan rangos de T7 (389 a 1247 MJ/m<sup>2</sup>) y T8 (345 a 962 MJ/m<sup>2</sup>). A pesar que en los tratamientos T7 y T8 las distancias entre soportes es el doble con respecto a T5 y T6, la incidencia de radiación solar es similar.

La incidencia solar aumenta de acuerdo transcurre las horas del día, los tratamientos fueron sembrados de manera que el sol pasara durante el día sobre las parcelas, de este a oeste. La radiación solar es mas tenue en las primeras horas del día por la nubosidad y se incrementa de acuerdo va pasando las horas y se despeja, esto se manifiesta en los promedios obtenidos.

Debido a que se encontró significancia estadística entre los tratamientos con respecto a la radiación solar, se realizarón las comparaciones de las medias, mediante la prueba de Duncan. Esta prueba por cada hora (Anexo 4), agrupa los promedios de la irradiación solar en tres grupos con letras diferentes, los tratamientos con letras iguales no tuvieron diferencias significativas en las horas de muestreo (Figura 11). Esta prueba agrupó los tratamientos de la siguiente manera. El tratamiento 1(sin soportes) promedió la mayor entrada de radiación solar. Los tratamientos 3 y 4 (soportes vivos a 0.50m, con tres y cuatro plantas) promediaron la menor entrada de radiación. El resto de los tratamientos T2, T5 a T8 sus promedios son iguales estadísticamente.

Los tratamientos T2 a T8 al tener su follaje elevado deben presentar menos problemas con el complejo de enfermedades foliares que T1 porque su follaje se encuentra en contacto directo con el suelo y puede presentar un microclima que adecua las condiciones para que las enfermedades se desarrollen.

**Figura 11.** Incidencia de la radiación solar a un metro del suelo en las horas (8:00, 11:00 y 13:00) recibida por las plantas de ñame, en la finca El Ejido, Azuero, Panamá, 2003. (P<0.001).



- T1- Testigo Absoluto – Sin soporte y 0.33m de distancia entre plantas.  
 T2- Testigo (2) – Con tutores muertos y 0.33m de distancia entre plantas.  
 T3- G. sepium, soportes a 0.50m de distancia y 0.33m de distancia entre plantas.  
 T4- G. sepium, soportes a 0.50m de distancia y 0.25m de distancia entre plantas.  
 T5- G. sepium, soportes a 2m de distancia y 0.33m de distancia entre plantas.  
 T6- G. sepium, soportes a 2m de distancia y 0.25m de distancia entre plantas.  
 T7- G. sepium, soportes a 4m de distancia y 0.33m de distancia entre plantas  
 T8- G. sepium, soportes a 4m de distancia y 0.25m de distancia entre plantas.  
 \*Tratamientos con letras diferentes corresponden a diferencias significativas por horas de muestreo.

\* PS. Pleno sol.

La adaptación, crecimiento, desarrollo y producción de los cultivos son el resultado de la interacción adecuada de los principales elementos climáticos de la zona de producción (radiación solar, temperatura, humedad relativa, precipitación y vientos). Si en determinadas épocas del cultivo estos elementos no cubren los requerimientos necesarios para el cultivo, el vigor de la planta sufre alteraciones, su desempeño productivo y capacidad para tolerar plagas y enfermedades. Cabe destacar que las enfermedades son provocadas por agentes vivos (hongos, bacterias, virus y nematodos), los cuales también requieren de condiciones climáticas para desarrollarse, mas de 80% humedad relativa, temperaturas 25 a 30 °C y lluvias moderadas. Cuando encuentran las condiciones adecuadas se multiplican rápidamente disminuyen la capacidad productiva de la planta. Por este motivo es importante conocer la información climática del área, esto nos puede ayudar a determinar el potencial o limitantes de la zona.

Se trató de medir la radiación solar en mayo, cuando el cultivo estuvo en la etapa de máximo desarrollo vegetativo, donde un ataque severo de enfermedades provocaría perdidas en los rendimientos hasta perder el cultivo. Por problemas

técnicos con el ceptometro no se pudo medir en el mes de mayo, solo se tomó lecturas en el mes de julio. Cabe destacar que los tutores no fueron podados, motivo por el cual en los tratamientos con mayor densidad de tutores existía mucha sombra.

### 4.3 Análisis químico de suelo

El análisis químico y físico del suelo no fue objetivo del estudio. Particularmente porque el sistema es tan joven, pero era necesario para el futuro saber la línea de base de los suelos antes de iniciar el estudio. Por falta de repeticiones de muestras de suelo los datos no fueron estadísticamente analizados.

Las condiciones químicas y físicas en el suelo del área donde se estableció el ensayo, fueron extraídas del primer muestreo de suelo que se realizó antes de la siembra. Se caracterizó por tener un pH de (4.9) y con una cantidad de materia orgánica de 4.5%. La relación arena, limo y arcilla fue 34-22-44 presentándose como un suelo arcilloso (Cuadro 4).

**Cuadro 4.** Análisis de suelos para los diferentes densidades de siembra de ñame y de madero negro, en la finca El Ejido, Azuero, Panamá, 2003.

Parámetros	Análisis inicial	Análisis final							
	24/10/2002	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
pH	4.9	5.8	6.0	6.0	5.9	5.9	5.9	5.9	5.8
P (ug/ml)	6.0	3.0	2.0	7.0	2.0	2.0	4.0	5.0	5.0

K (ug/ml)	102	102	86	156	102	122	113	117	117
Ca (meq/100 ml)	0.82	0.74	0.92	0.70	0.70	0.64	0.92	0.68	0.74
Mg (meq/100 ml)	0.44	0.50	0.62	0.44	0.50	0.62	0.10	0.54	0.50
Al (meq/100 ml)	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
MO %	4.5	3.89	3.89	4.56	3.89	3.89	3.22	3.89	3.22
Textura	arc								

T1- Testigo Absoluto – Sin soporte y 0.33m de distancia entre plantas.

T2- Testigo (2) – Con tutores muertos y 0.33m de distancia entre plantas.

T3- G. sepium, soportes a 0.50m de distancia y 0.33m de distancia entre plantas.

T4- G. sepium, soportes a 0.50m de distancia y 0.25m de distancia entre plantas.

T5- G. sepium, soportes a 2m de distancia y 0.33m de distancia entre plantas.

T6- G. sepium, soportes a 2m de distancia y 0.25m de distancia entre plantas.

T7- G. sepium, soportes a 4m de distancia y 0.33m de distancia entre plantas

T8- G. sepium, soportes a 4m de distancia y 0.25m de distancia entre plantas.

Se realizó análisis de suelo por tratamientos a la cosecha, no hubo cambios al respecto de la textura arcillosa, el pH mejoró pasando de muy ácido (4.9) a poco ácido (5.8) y ácido (6.0), pero aun no se encuentra dentro del rango óptimo para el cultivo del ñame (6.5 a 7.0). Esto representa un aumento del pH en 33.3% con respecto a la lectura inicial (Cuadro 4). No queda claro este aumento de pH ya que en los análisis de suelos el calcio disminuyó. En general, el contenido de P disminuyó. Los tratamientos T4, T6 y T8 al tener mayor densidad de siembra de ñame, se les aplicaron mayor cantidad de fertilizantes por área.

La disminución de los niveles de fósforo (P), puede estar atribuida a la facilidad con que el ñame absorbe este elemento del suelo. A pesar de que se aplicó P en la fertilización, aparentemente no fue suficiente, el cultivo y los soportes consumieron el P del suelo.

Los niveles de materia orgánica fueron mayores en el análisis inicial. La disminución de los niveles de materia orgánica, posiblemente puede ser atribuida a arado ya que al voltear el suelo incorpora la materia orgánica al sub suelo.

En la mayoría de los tratamientos con soportes vivos, la cantidad de potasio (K) en el suelo aumentó, el menor valor de potasio (K) lo presentó el tratamiento T2 (soportes muertos). Es posible que el aumento de los niveles de potasio se deba a la fertilización. La fertilización de potasio (K) en grano y foliar era suficiente para las necesidades del ñame y hubo extracción del subsuelo por las raíces del madero negro. Hay que hacer más estudios sobre esto para verificar este efecto. Budelman

(1991b) demostró que el madero negro y su mulch crean condiciones más favorables para el desarrollo de la planta de ñame. El aumento en potasio (K) es beneficioso para el cultivo porque ayuda a que las plantas sean más vigorosas y resistentes a la antracnosis, reportes de Rivas y Chavarria (1995), han encontrado una relación inversa entre el potasio (K) y el índice de severidad de la antracnosis, de tal manera que a mayor contenido de potasio (K) en las hojas, menos susceptibles a la enfermedad.

Los niveles de calcio (Ca) disminuyeron en la mayoría de los tratamientos con madero negro y el control a excepción de T2 y T6. Es posible que se presentará lixiviación por efecto del arado. El ñame necesita de calcio (Ca), al crecer con el madero negro puede causar competencia, porque tanto el cultivo como los soportes estaban en pleno desarrollo. El Calcio (Ca) ayuda a elevar el pH del suelo (menor acidez). La cantidad de nutrientes removidos cuando los tubérculos de ñame son cosechados son: 107, 14, 135, 2 y 7 Kg ha<sup>-1</sup> de nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca) y magnesio (Mg), respectivamente. Estas cantidades fueron calculadas considerando una cosecha de 30 t ha<sup>-1</sup> de tubérculos (Norman *et al.*, 1984).

El contenido de magnesio (Mg) en los tratamientos nos refleja una tendencia de aumento. Pero en el tratamiento T6 (soportes a 2m), disminuyó sus niveles debido posiblemente a un error.

#### **4.4 Incidencia y severidad del complejo de enfermedades**

Durante la fase de desarrollo del cultivo se pudo observar presencia de enfermedades en el follaje del cultivo, con lesiones húmedas del borde de la hoja hacía el centro del tejido, ocasionando la muerte de la planta y por consiguiente pérdidas económicas en el cultivo. Cabe destacar que no se utilizó ningún tipo de fungicida ni bactericida para el control de esta enfermedad.

Se colectaron muestras de hojas y fueron llevadas al laboratorio donde se determinó presencia de bacterias. Para corroborar se realizó pruebas de Gram. En esta prueba, 3 de las 5 de las colonias de bacterias aisladas resultaron ser Gram negativas y una de las 3 colonias dio reacción positiva a la presencia del genero Erwinia en el medio D-3. Esto puede significar que esta bacteria estaba presente en el tejido afectado, la prueba de hipersensibilidad dictaminó que era patogénica. Por lo tanto la enfermedad es causada por un complejo de patógenos.

La incidencia del complejo de enfermedades presentó en los tratamientos un rango de 40 a 54% de plantas infestadas y con niveles de severidad promedio de 4.28, de las hojas infestadas, en la escala pictórica (1 a 4) (Von Chong, 2000).

En el análisis de varianza se determinó que no existían diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) entre los tratamientos para la incidencia y severidad de la enfermedad, pero se practicó las regresiones propuestas con los datos de los parámetros luminosidad, temperatura, humedad de suelo y humedad relativa (Anexo 5). Para determinar sus influencias sobre el complejo de enfermedades, dando como resultado que solo la variable humedad relativa correlacionó, presentando significancia al ( $P < 0.05$ ) a la severidad del complejo de enfermedades (Cuadro 5).

**Cuadro 5.** Resultados de la regresión de la severidad del complejo de enfermedades con las variables humedad relativa, temperatura, humedad del suelo y luminosidad, en la finca El Ejido, Azuero, Panamá, 2003.

	R-cuadrado	Parámetros	Significancia
Humedad relativa	0.1848	0.3249	0.0141*
Intercepto		0.0720	0.9930ns.
Temperatura	0.0111	-0.02812	0.5659ns.
Intercepto		2.97239	0.0494ns.
Humedad de suelo	0.00212	-0.00302	0.8795ns.
intercepto		2.22617	0.0013*

Luminosidad	0.0006	0.00002083	0.8976ns.
Intercepto		2.11489	0.0001*

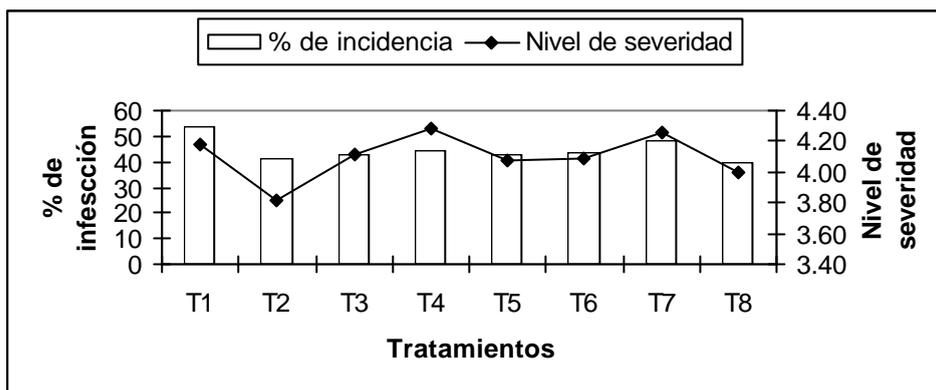
- 
- T1- Testigo Absoluto – Sin soporte y 0.33m de distancia entre plantas.
  - T2- Testigo (2) – Con tutores muertos y 0.33m de distancia entre plantas.
  - T3- G. sepium, soportes a 0.50m de distancia y 0.33m de distancia entre plantas.
  - T4- G. sepium, soportes a 0.50m de distancia y 0.25m de distancia entre plantas.
  - T5- G. sepium, soportes a 2m de distancia y 0.33m de distancia entre plantas.
  - T6- G. sepium, soportes a 2m de distancia y 0.25m de distancia entre plantas.
  - T7- G. sepium, soportes a 4m de distancia y 0.33m de distancia entre plantas
  - T8- G. sepium, soportes a 4m de distancia y 0.25m de distancia entre plantas.
- \* Significativo al 0.05 de probabilidad  
n.s. no significativo

Los índices de incidencia y severidad presentados son altos (Figura 12), los daños alcanzaron a reducir la producción en 34% comparando con la producción del año 2000/2001(154 qq ha<sup>-1</sup>) presentados por los efectos del complejo de enfermedades (Vásquez *et al*, 2002).

La infestación se presentó a partir del cuarto mes, fase de desarrollo del cultivo y el nivel de mayor severidad se alcanzó al sexto mes. Las plantas pudieron soportar la enfermedad debido al abundante follaje y lo avanzado del ciclo del cultivo.

Se observó que todos los tratamientos presentaron los niveles de incidencia y severidad similares. Existe la posibilidad que el manejo de la plantación causó la diseminación de la enfermedad en todos los tratamientos de manera homogénea, o sea que el paso del personal pudo ser el factor de diseminación de la enfermedad por la cercanía de los tratamientos uno al otro (solo dos líneas de borde de ñame entre tratamientos),. Quizás la falta de bordes mas distanciados con respecto a las demás, haya contribuido a la diseminación de la enfermedades.

**Figura 12.** Porcentaje de incidencia y nivel de severidad del complejo de enfermedades en el cultivo de ñame, finca El Ejido, Azuero, Panamá, 2003.



- T1- Testigo Absoluto – Sin soporte y 0.33m de distancia entre plantas.  
 T2- Testigo (2) – Con tutores muertos y 0.33m de distancia entre plantas.  
 T3- G. sepium, soportes a 0.50m de distancia y 0.33m de distancia entre plantas.  
 T4- G. sepium, soportes a 0.50m de distancia y 0.25m de distancia entre plantas.  
 T5- G. sepium, soportes a 2m de distancia y 0.33m de distancia entre plantas.  
 T6- G. sepium, soportes a 2m de distancia y 0.25m de distancia entre plantas.  
 T7- G. sepium, soportes a 4m de distancia y 0.33m de distancia entre plantas  
 T8- G. sepium, soportes a 4m de distancia y 0.25m de distancia entre plantas.  
 \* No se pudo comprobar la presencia de Colletotrichum spp.

#### 4.5 Rendimientos de tubérculos

##### Tubérculos totales

Los resultados de los rendimientos del ñame están presentados en el Cuadro 6. En relación a peso de tubérculos individuales (peso total de tubérculos entre número de plantas), el mayor promedio se presentó en el T7 (soportes vivos a 4 m de distancia y distancia de 0.33m entre plantas) con 486 g/tubérculo. El menor peso promedio, se registró en T1 (testigo absoluto sin soportes) con un peso de 189 g/tubérculo (Cuadro 4). Este tratamiento T1 presentó el nivel más alto de incidencia al complejo de enfermedades, al estar completamente sobre el suelo, para estos rendimientos no se encontró diferencias significativas.

Para el cultivo de ñame, es importante separar los tubérculos por categorías (negociables, semilla y desecho). Los tubérculos negociables pesan 500 g/tubérculo o más, las semillas de 100 a 499 g/tubérculo y los de desecho menos de 100 g/tubérculo y se diferencian porque cada uno tiene un valor de mercado diferente. Los tubérculos de desecho son clasificados con pesos menores de 100 gramos, con malformaciones o defectos, cuyas causas pueden ser fisiológicas o patológicas (Jiménez *et al.*, 1992).

**Cuadro 6.** Medias por tubérculos individuales de las diferentes densidades de siembra de ñame y madero negro, en las variables: peso de tubérculos total, negociables, semillas y desechos. ( $P<0.05$ ).

Tratamientos	Peso tubérculos totales (g/planta)*	Peso tubérculos negociables (g/planta)	Peso tubérculos semillas (g/planta)	Peso tubérculos desecho (g/planta)
1	189 a	694 b	225 a	51 a
2	405 a	934 a	226 a	55 a
3	413 a	928 a	309 a	63 a
4	480 a	950 a	268 a	40 a
5	297 a	946 a	233 a	53 a
6	378 a	963 a	254 a	54 a
7	486 a	1020 a	274 a	51 a
8	392 a	838 a	263 a	52 a

T1- Testigo Absoluto – Sin soporte y 0.33m de distancia entre plantas.

T2- Testigo (2) – Con tutores muertos y 0.33m de distancia entre plantas.

T3- G. sepium, soportes a 0.50m de distancia y 0.33m de distancia entre plantas.

T4- G. sepium, soportes a 0.50m de distancia y 0.25m de distancia entre plantas.

T5- G. sepium, soportes a 2m de distancia y 0.33m de distancia entre plantas.

T6- G. sepium, soportes a 2m de distancia y 0.25m de distancia entre plantas.

T7- G. sepium, soportes a 4m de distancia y 0.33m de distancia entre plantas

T8- G. sepium, soportes a 4m de distancia y 0.25m de distancia entre plantas.

?? Letras iguales en la misma columna no difieren ( $P<0.05$ ).

### Categoría negociable

Se encontró diferencia estadística para la categoría negociable. Se observó que el tratamiento 7 (soportes vivos a 4 m de distancia y 0.33 distancia entre plantas) obtuvo el mayor promedio con 1020 g/tubérculo. Todos los tratamientos fueron significativamente diferentes de T1 (testigo absoluto sin soportes), el cual obtuvo el menor promedio en peso, con 694 g/tubérculo. Los otros tratamientos no fueron significativamente diferente que T7, casi todos obtuvieron promedios mas de 900 g/tubérculo. Los rendimientos de T1 pudieron estar afectados por la incidencia del complejo de enfermedades, este tratamiento el 54% de sus plantas presentaban la enfermedad, afectando la fotosíntesis y el desarrollo de la planta. En fases tempranas, que son las más importantes del cultivo, donde un ataque de estas enfermedades podría ocasionar muchas pérdidas, debido a que un mismo nivel de daño en estadios tempranos puede significar la muerte de la planta; mientras en estadios tardíos solo la perdida de hojas (Von Chong, 2000). La antracnosis y bacteriosis son enfermedades que atacan al cultivo del ñame, este complejo de

enfermedades cuando inciden severamente pueden causar altas reducciones de los rendimientos

Dentro de los tratamientos con soportes pudo sobresalir el T7 (soportes vivos con distancias de 4m con 0.33m de distancia entre plantas) con la mejor tendencia para peso de g/tubérculos negociables y totales. El promedio en rendimiento total es de 101 qq ha<sup>-1</sup> en el ensayo, este rendimiento representa el 45% de lo obtenido por Budelman (1990) con ñame utilizando madero negro como soportes con podas.

En la categoría negociable los tratamientos con soportes de madero negro promediaron 74 qq ha<sup>-1</sup>, lo cual representa el 84% de lo que obtuvo en promedio Chavarria (1991), con los tratamientos con madero negro y diferentes frecuencias de podas.

### **Categoría semilla**

Con respecto a los tubérculos de semillas podemos observar que el rango es amplio en esta categoría de peso mayor a 100 y hasta 499 g/tubérculo. La mayor cantidad de tubérculos de semillas/hectárea, no garantizó el mejor rendimiento. En Panamá los tubérculos con pesos mayores de 454 g/tubérculo clasificarían como tubérculos negociables y tendrían mayor aceptación para la comercialización en mercado local. La unidad de venta comercial utilizada es la libra (454 g/tubérculo), debido a esto se podría clasificar a tubérculos con pesos de 454 a 499 g/tubérculo, como negociables.

Los tratamientos T3 y T4 (soportes vivos a 0.50m de distancia y con 0.33m y 0.25m distancia entre plantas) presentan una tendencia a tener la mayor producción de número de tubérculos de semilla con respecto al resto de los tratamientos a excepción del tratamiento 6 (soportes vivos a 2m y con 0.25m distancia entre plantas). Estos tratamientos T3 y T4 por su cercanía de los soportes y al no manejar podas durante el ciclo del cultivo formaron un techo que impedía la entrada de la luz hacia algunas plantas, por ende redujó la fotosíntesis y la producción de carbohidratos ocasionando la muerte de las plantas en el séptimo mes aproximadamente. Debido a esta baja entrada de luz se especula que se produjo mayor cantidad de tubérculos de semilla ya que al acortar el ciclo del cultivo dado en 8 meses, estas plantas no completaron el desarrollo y crecimiento de los tubérculos.

En la categoría de semilla los tratamientos con soportes de madero negro promediaron 34 qq ha<sup>-1</sup>, lo cual representa el 81% de lo que obtuvo en promedio Chavarria (1991), con los tratamientos con madero negro y diferentes frecuencias de podas.

### **Categoría desecho**

Para la variable peso de tubérculos individuales de desecho, el T4 (soportes vivos a 0.50 m de distancia con 0.25m distancia entre plantas) presentó la tendencia a producir menor peso promedio, con 40 g/tubérculo y el T3 (soportes vivos a 0.50 m de distancia con 0.33m distancia entre plantas) con mayor peso fue de 63 g/tubérculo. No encontramos diferencias significativas en esta categoría. Los tubérculos para que sirvan de semillas deben pesar más de 100 g/tubérculo, de este rango para abajo es desecho y los pesos tubérculos de desecho fueron entre 40 y 63 g/tubérculo.

Las plantas de ñame cultivadas sin soportes, al estar en contacto con el suelo y por su hábito de crecimiento de enredadera, invierte más energías en combatir enfermedades y producir nuevas hojas que en la producción de tubérculos, por esa razón el T1 se presenta con los más bajos rendimientos para tubérculos negociables entre todos los tratamientos y mayores pesos para semillas y desechos.

Todos los tratamientos con soportes vivos y muertos representan mejor alternativa para la producción de ñame que el tratamiento sin soportes. Sus medias en peso de tubérculos negociables y total son superiores a la media del tratamiento sin soporte. Se ha demostrado que la producción en ausencia del soporte, produce pérdidas en la calidad y rendimiento del orden de 30 al 50 por ciento (Salazar y Rodríguez, 1987). Usar árboles de madero negro como soportes vivos ayuda a incrementar la producción por unidad de área del ñame, 8.8 tn ha<sup>-1</sup> (cuando se agrega el mulch al ñame) y 20.7 ton ha<sup>-1</sup> (asociación del árbol con ñame) (Budelman, 1991c) y 0.33m de distancia entre plantas. Al usar soportes vivos se incrementa más la producción que cuando solo se aplica el mulch. Los árboles y el mulch crean condiciones más favorables para el desarrollo de la planta del ñame, mientras que la capacidad de los árboles para extraer los alimentos de las capas del suelo que no se pueden alcanzar por las raíces del ñame (Budelman, 1991c).

### Análisis a escala de producción (qq ha<sup>-1</sup>)

Con los promedios de rendimientos en gramos y el número de tubérculos producidos por tratamiento del análisis estadístico, se realizó un análisis a una escala de unidad de producción tomando como referencia una hectárea (qq/ha) (Figura 13 y 14).

En relación a la producción en número de tubérculos totales por hectáreas por tratamientos, se observó que los tratamientos con soportes vivos con excepción del T8 superaron en producción de número de tubérculos al tratamiento T2 (soportes muertos). Aunque Budelman (1987b), concluyó que la asociación de madero negro y ñame, es igualmente eficiente en términos de producción de tubérculos por unidad de área, que un cultivo de ñame con soportes muertos

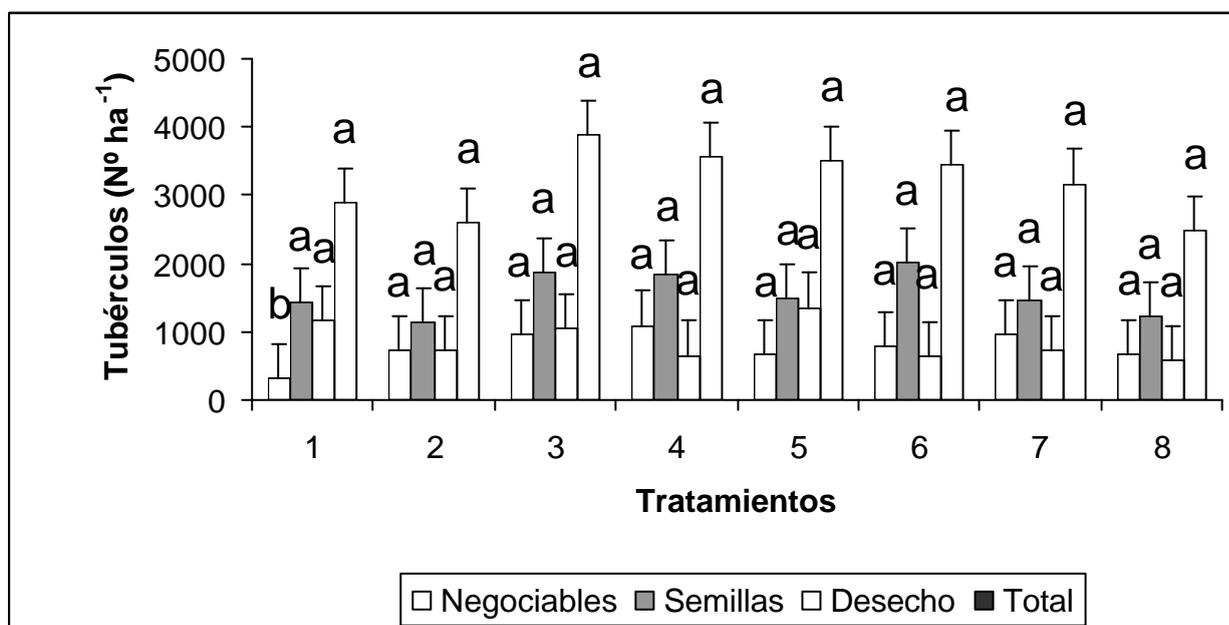
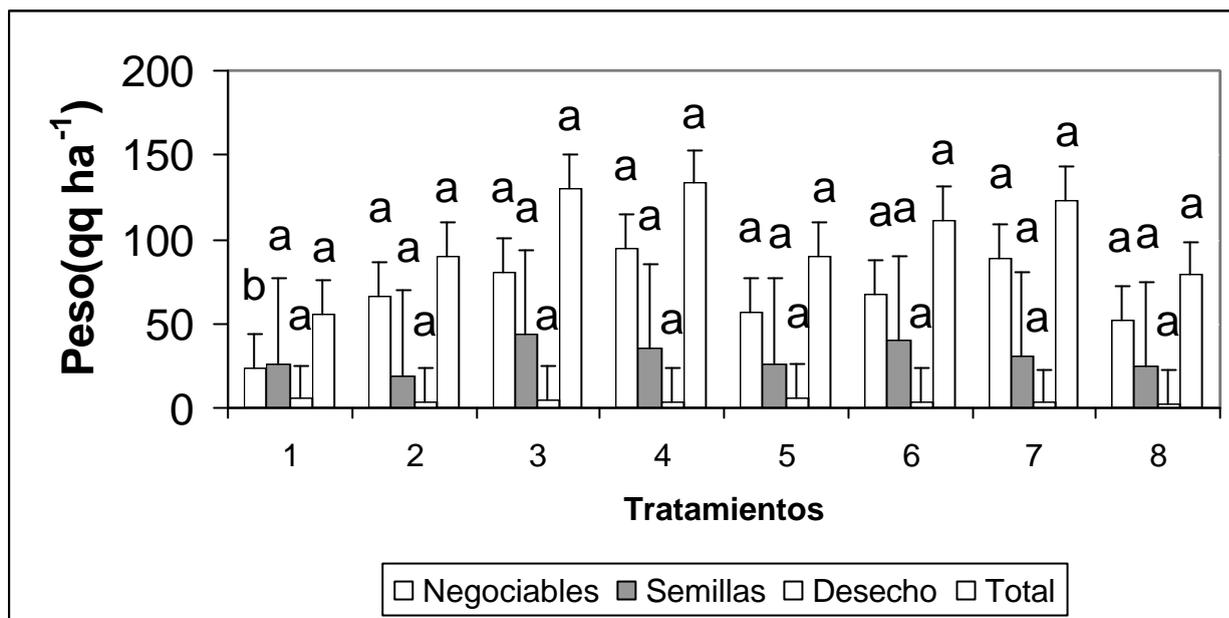


Figura 13. Número de tubérculos de ñame por categoría (negociable, semilla y

desecho) en las diferentes densidades de siembra de ñame y madero negro, en la finca El Ejido, Azuero, Panamá, 2003.

Tratamientos con letras diferentes corresponden a diferencias significativas, letras iguales no existen diferencias.



**Figura 14.** Peso de tubérculos de ñame en quintales por categoría (negociable, semilla y desecho) en las diferentes densidades de siembra de ñame y madero negro, en la finca El Ejido, Azuero, Panamá, 2003. Tratamientos con letras diferentes corresponden a diferencias significativas, letras iguales no existen diferencias.

De acuerdo a los resultados de número de tubérculos totales/hectárea, los tratamientos T3 y T4 (soportes vivos a 0.50m de distancia y con 0.33m y 0.25m distancia entre plantas) obtuvieron los mayores rendimientos de número y peso de tubérculos. Estos tratamientos T3 y T4 produjeron mayor cantidad de tubérculos de semilla que negociables. Es posiblemente porque estos tratamientos no completaron el ciclo del cultivo por las enfermedades y el exceso de sombra, ya que en los resultados de irradiación solar fueron los que menos luz recibía de 18 a 32%. El peso de los tubérculos es determinante según el destino de la producción ya sea para exportación o para consumo local y por eso se realizan ajustes en la densidad de siembra.

Con respecto a la producción de número de tubérculos negociables, la producción es inferior con respecto a la producción de número de tubérculos de semilla, pero todos los tratamientos con soportes vivos y muertos superaron en rendimiento en peso a los pesos de semillas, a excepción de T1 (sin soportes) que obtuvo mayor peso en semillas que en tubérculos negociables. Los tratamientos con soportes vivos y muertos superan en rendimientos (peso de tubérculos y números de

tubérculos) al tratamiento sin soportes, porque es más eficaz la producción de ñame con soportes que sin ellos. Al separar las plantas del suelo por medios de soportes estas quedan mas protegidas de los patógenos del suelo, por esto pueden invertir la energía necesaria para la producción y desarrollo de los tubérculos.

En relación a la producción de tubérculos de semillas, se observó que el T6 (soportes vivos a 2m de distancia y con 0.33n entre plantas) obtuvo el mayor número de tubérculos, no así el mayor rendimiento. El mayor rendimiento lo obtuvo el T3 (soportes vivos a 0.50m y con 0.33m distancia entre plantas), lo que prueba el T3 produjo menos tubérculos de semillas pero con pesos mayores y esto pudo ser provocado por el secado temprano de la parcela. El T2 (soportes muertos) obtuvo el menor número de tubérculos de semilla al igual que el menor rendimiento.

De acuerdo a los resultados de los números tubérculos de desecho, el T5 (soportes vivos con 2m distancia y con tres plantas) obtuvo el mayor número de tubérculos al igual que el mayor peso, el T8 (soportes vivos a 4m de distancia con cuatro plantas) obtuvo el menor numero de tubérculos y los rendimientos mas bajos para desecho.

#### **4.6 Evaluación económica**

Para realizar la evaluación económica se tomaron en cuenta los gastos incurridos en la implementación de los sistemas con soportes vivos y muertos además de los gastos realizados por la implementación del cultivo (Cuadro 7). Los cuales se detallan de manera más específica en los Anexos 6 y 7.

Las diferencias en los costos observadas en el Cuadro 7, se deben a las diferentes densidades de siembra del ñame, las cuales incurren en una mayor cantidad de semillas e insumos para el manejo del cultivo variando así los costos de los tratamientos. Los tratamientos 2, 3, 5 y 7 utilizaron menos semillas ya que fueron sembrados con menor densidad (22,422 plantas ha<sup>-1</sup>) que los tratamientos 4, 6 y 8 (29,630 plantas ha<sup>-1</sup>). También influyen los costos de establecimiento de los soportes, ya que al utilizar menos soportes se reducen los costos de establecimiento.

**Cuadro 7.** Costo de producción de ñame y de establecimiento de los soportes de madero negro, generados en el estudio.

<b>Tratamientos</b>	<b>Costo producción de ñame ( US \$)</b>	<b>Costo de producción de soportes (US \$)</b>	<b>Costo total por tratamiento (US \$)</b>
T1	2943.00	-	2943.00
T2	2943.00	950.00	3893.00
T3	2943.00	1460.00	4403.00
T4	3441.00	1460.00	4901.00
T5	2943.00	385.50	3328.50
T6	3441.00	385.50	3826.50
T7	2943.00	186.75	3129.75
T8	3441.00	186.75	3627.75

- T1- Testigo Absoluto – Sin soporte y 0.33m de distancia entre plantas.
- T2- Testigo (2) – Con tutores muertos y 0.33m de distancia entre plantas.
- T3- G. sepium, soportes a 0.50m de distancia y 0.33m de distancia entre plantas.
- T4- G. sepium, soportes a 0.50m de distancia y 0.25m de distancia entre plantas.
- T5- G. sepium, soportes a 2m de distancia y 0.33m de distancia entre plantas.
- T6- G. sepium, soportes a 2m de distancia y 0.25m de distancia entre plantas.
- T7- G. sepium, soportes a 4m de distancia y 0.33m de distancia entre plantas
- T8- G. sepium, soportes a 4m de distancia y 0.25m de distancia entre plantas.

En los costos de producción de ñame se tomaron en cuenta la densidad de plantas en cada tratamiento. Los costos de establecimiento de soportes son considerados solo para el primer año, ya que la parcela queda establecida para las siguientes siembras, no así la de los soportes muertos que máximo dura dos siembras.

Al considerar los beneficios del retorno por unidad de producción, presentados en el cálculo económico, resultó que el tratamiento T7 (soportes a 4m de distancia y con 0.33m distancia entre plantas) presentó el más alto índice de beneficio-costos de \$1.67 por unidad de inversión (Cuadro 8). Los tratamientos con soportes vivos

presentaron un mayor retorno por unidad de producción que los tratamientos T1 (sin soportes) y T2 (soportes muertos), a excepción de T8 (soportes vivos con 4m distancia y con 0.25m de distancia entre plantas), el cual su retorno es menor que el tratamiento con soportes muertos.

**Cuadro 8.** Evaluación económica para el primer año de producción de los diferentes tipos de soportes en el cultivo de ñame, en dólares (US \$).

<b>EVALUACION ECONOMICA DEL ESTABLECIMIENTO DE LOS TUTORES *</b>							
Trat	Producción de ñame (qq) negociable	Ingresos por venta a 46.71 US \$/ qq	Producción de ñame (qq) semilla	Ingresos por venta a 35.00 US \$ / qq	Costos de establecimiento de tutores en US\$	Costos de establecimiento de cultivo en US\$	Beneficio / Costo
T1	24	1,121.00	26	910.00		2943.00	0.69
T2	67	3,129.57	19	665.00	950.00	2943.00	0.97
T3	81	3,783.51	44	1,540.00	1,460.00	2943.00	1.21
T4	95	4,437.45	35	1,225.00	1,460.00	3441.00	1.16
T5	57	2,662.47	27	945.00	385.50	2943.00	1.08
T6	68	3,176.28	40	1,400.00	385.50	3441.00	1.20
T7	89	4,157.19	31	1,085.00	186.75	2943.00	1.67
T8	52	2,428.92	24	840.00	186.75	3441.00	0.90

T1- Testigo Absoluto – Sin soporte y 0.33m de distancia entre plantas.

T2- Testigo (2) – Con tutores muertos y 0.33m de distancia entre plantas.

T3- G. sepium, soportes a 0.50m de distancia y 0.33m de distancia entre plantas.

T4- G. sepium, soportes a 0.50m de distancia y 0.25m de distancia entre plantas.

T5- G. sepium, soportes a 2m de distancia y 0.33m de distancia entre plantas.

T6- G. sepium, soportes a 2m de distancia y 0.25m de distancia entre plantas.

T7- G. sepium, soportes a 4m de distancia y 0.33m de distancia entre plantas

T8- G. sepium, soportes a 4m de distancia y 0.25m de distancia entre plantas.

1. Los costos son recopilados por tratamientos.

2. Solo se considero la producción negociable y semillas.

3. Los precios utilizados están para septiembre del 2003.

\* Los datos presentados en el cuadro son los que presentan solo al primer año de producción.

Estos tratamientos con soportes vivos a pesar de tener una mayor inversión en el establecimiento han presentado un buen retorno, debido a que presentaron mayores rendimientos en tubérculos negociables y de semilla por ende mayor entrada y menor costo de establecimiento. El manejo de la posible interferencia de la raíces de los árboles en la calidad de los tubérculos, es otro factor que incrementa la inversión, al igual que el costo de la cosecha en los años futuros.

Los beneficios están muy relacionados con el peso de los tubérculos, principalmente porque el mercado compra por pesos y no por número de tubérculos.

Los tratamientos con soportes vivos tuvieron los retornos según el cálculo económico, lo que nos hace considerar que estos tratamientos son los que tienen mejores perspectivas para la producción de ñame. Las enfermedades se presentaron en todos los tratamientos con índices muy parecidos, de infestación (40 a 54%) y severidad (4.28), por esta razón hubo diferencias en los rendimientos totales.

#### **4.6.1 Análisis de sensibilidad**

Se presenta un análisis de sensibilidad donde se tomó los rendimientos por tratamientos, los costos de implementación de los tutores y los costos de producción del cultivo (Cuadro 8) y se realizó un análisis de beneficio–costo, por cinco años de producción. Se estimaron diferentes porcentajes de reducción de rendimientos suponiendo que las enfermedades pueden causar estas reducciones, para observar hasta donde puede el productor trabajar con estos sistemas agroforestales. Para el análisis de sensibilidad del cultivo se utilizó el beneficio/costo producido por el cultivo y se proyectó con disminuciones de rendimiento por efectos de la enfermedad hasta que el cultivo no reporte rentabilidad. Se utilizó disminuciones de 25%, 35%, 45% y 55% tomando el peso en quintales como factor de disminución (Figura 15).

Al presentarse una disminución en los rendimientos de 25% los T2, T3, T4, T6 y T7, se mantienen con retornos superaron al valor de 1.00 US \$. Esto puede representar que un ataque liviano del complejo de enfermedades no representaría pérdidas para los agricultores. Los T5 y T8 dejan de ser rentables al reducir su retorno inferiores a 1.00 US \$. El T1 sigue disminuyendo su retorno.

Al reducir los rendimientos en 35% los tratamientos T2, T3 y T7, se mantienen con retornos sobre el 1.00 US \$. Los T4 y T6 pasan a presentar retornos inferiores a 1.00 US \$ o sea que se recuperaría menos de lo que se invierte. El resto de los tratamientos reducen su retorno.

Una disminución de 45% de la producción causa que los T2 y T3 no presenten rentabilidad, el T7 continúa con retornos superiores a 1.00 US \$, mientras los demás tratamientos siguen bajando su retorno.

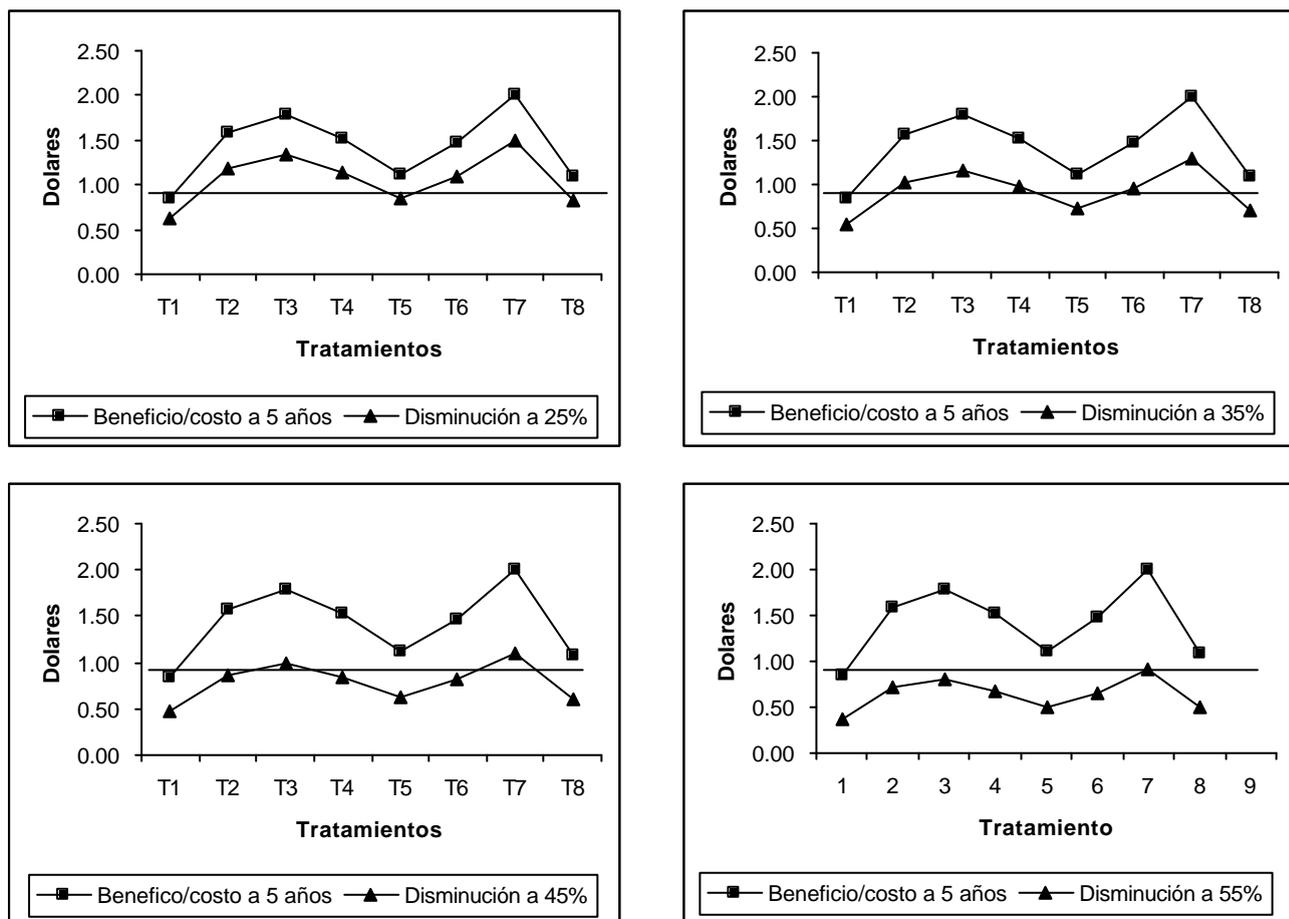
Una disminución de 55% ocasiona que todos los tratamientos no presenten rentabilidad, los productores tendrían pérdidas a causa de una reducción de esta magnitud.

El T1 es el tratamiento mas sensible ya que se presentan retornos inferiores a 1.00 US \$ en el análisis original y con cada reducción sigue bajando su retorno, a pesar de sus costos bajos no obtuvo buen rendimiento, por lo que su retorno siempre fue bajo la unidad de producción.

La disminución de producción del 55% representaría que todos los tratamientos reportasen pérdidas. Acosta (2000) reporta que en Panamá, en las provincias productoras de ñame (Darién, Herrera, Los Santos y Chiriqui) la antracnosis limita la producción de ñame hasta en un 60%. Motivo por el cual hay que tener presente que niveles altos de infestación del complejo de enfermedades podrían destruir los rendimientos del cultivo de tal forma que representarían pérdidas para los productores. Todos los tratamientos con soportes o sin soportes con una disminución de la producción de esta magnitud no serían rentables.

En Panamá en términos de 10 años la producción decayó de 184.88 qq ha<sup>-1</sup> en el periodo 90/91, a 153.89 qq ha<sup>-1</sup> durante el año agrícola 2000/2001 (Vásquez *et al.*, 2002). Si comparamos la producción promedio obtenida en el ensayo que es de 101qq ha<sup>-1</sup>, teniendo como producción mas baja el tratamiento T1, el cual produjo solo 55qq ha<sup>-1</sup>, siendo el tratamiento en el cual se detectó el nivel de incidencia de antracnosis mas alto 54%, podríamos decir que existieron pérdidas por efectos de las enfermedades. Los tratamientos T3, T4 y T7 a pesar que presentan rendimientos por debajo del promedio de producción de los años 2000/2001 (130, 133 y 123 respectivamente) soportaron disminuciones hasta de 45%.

De acuerdo a lo presentado en el análisis de sensibilidad sembrar ñame en meses de verano, utilizando riego puede presentar una buena alternativa para los productores, porque los rendimientos son afectados directamente por el precio de mercado que se incrementan para los meses de julio a octubre.



**Figura 15.** Comparación del beneficio/costo original y el beneficio/costo con una disminución del 25, 35, 45 y 55% del rendimiento, en un sistema agroforestal, ñame con soportes vivos de madero negro, muertos y sin soporte en la finca El Ejido, Azuero, Panamá, 2003.

- T1- Testigo Absoluto – Sin soporte.
- T2- Testigo (2) – Con tutores muertos.
- T3- G. sepium, soportes a 0.50m de distancia y 0.33m de distancia entre plantas.
- T4- G. sepium, soportes a 0.50m de distancia y 0.25m de distancia entre plantas.
- T5- G. sepium, soportes a 2m de distancia y 0.33m de distancia entre plantas.
- T6- G. sepium, soportes a 2m de distancia y 0.25m de distancia entre plantas.
- T7- G. sepium, soportes a 4m de distancia y 0.33m de distancia entre plantas.
- T8- G. sepium, soportes a 4m de distancia y 0.25m de distancia entre plantas.

## V. CONCLUSIONES

Los soportes de madero negro fueron sembrados con solo tres meses antes que el cultivo, motivo por el cual no observamos cambios notorios en fertilidad y contenido de materia orgánica en el suelo. Los soportes no habían alcanzado suficiente desarrollo y su interacción con el cultivo como sistema agroforestal fue mínimo, muchos de estos soportes no soportaron el peso del follaje del ñame. Por esta razón es posible que las plantas de ñame no pudieran desarrollar igual en un sistema establecido con buen soporte y mejor fertilidad.

Las enfermedades foliares se presentaron en todos los tratamientos, con índices de incidencia y severidad muy similares lo que trajo como consecuencia que no se obtuvieran diferencias significativas. Pero el tratamiento sin soportes presentó los mayores niveles de incidencia (54%) y los menores rendimientos, lo que nos indica que los soportes si influyen sobre las enfermedades. Los tratamientos T2 a T8 al tener su follaje elevado presentan menos problemas de antracnosis que T1 porque su follaje encuentra en contacto directo con el suelo.

No se logro identificar Colletotrichum spp como agente causal de las enfermedades foliares, se determino la presencia de bacterias patogénicas. Por lo tanto se considero la enfermedad como un complejo de patógenos.

La densidad de siembra en este ensayo no se presenta con un factor que incida en la reducción de las enfermedades debido que en todos los tratamientos estuvo presente la enfermedad con niveles de incidencia y severidad muy similares, pero puede incidir en los rendimientos.

La mayor luminosidad no ayudo a disminuir los efectos del complejo de enfermedades, estas se presentaron en todos los tratamientos.

.Todos los tratamientos con soportes vivos y muertos representan mejor alternativa de producción de ñame que el tratamiento sin soportes. Sus medias en peso de tubérculos negociables y total son superiores a la media del tratamiento sin soporte. El tratamiento T1 es el tratamiento mas sensible ya que presenta retornos por debajo del dólar en el análisis original y con reducciones al 20% sigue reduciendo su retorno. La producción de ñame proporciona mayores rendimientos al ser cultivado con soportes vivos o muertos, que al cultivarla sin ellos.

El tratamiento (T7) con soportes a 4m y tres plantas se mantiene como el mejor tratamiento al presentar una mejor relación beneficio costo con respecto a los demás tratamientos. Este presenta mayor rendimiento y menor costo de producción especialmente en el establecimiento de los tutores, motivo por el cual aparece como mejor tratamiento. Este tratamiento al presentar los soportes a distancias de 4m, implica que utiliza menos soportes por hectáreas, por ende se reduce el manejo de los árboles (podas) y los costos de establecimiento, no hay que remplazar los tutores cada año. Al sembrarse con solo 22422 plantas los costos de semilla se reducen en relación con los tratamientos que utilizan 29600 plantas, produce mayor cantidad de tubérculos de menor peso. El análisis de sensibilidad confirma que los tratamientos T7 es el más rentable, seguidos de los tratamientos T4 y T3.

Los precios de mercado son un componente muy importante en la rentabilidad del cultivo sembrado en verano, porque los precios de ventas duplican a los precios de venta en los meses donde regularmente sale la producción de ñame. A pesar que los rendimientos fueron bajos en comparación con el promedio de producción de los 2000/2001, la salida de la producción en los meses de julio a agosto nos representa una buena opción.

Los tratamientos generaron diferentes costos de producción, pero lo que determina la rentabilidad son los rendimientos en peso de los tubérculos.

## **VI. RECOMENDACIONES**

De acuerdo a las conclusiones del presente trabajo se recomienda:

Hacer prueba de identificación que permitan establecer los patógenos que participan en el complejo de enfermedades que se presentó y evaluó en el presente estudio.

Es importante sembrar las estacas con suficiente tiempo para que estén bien establecidas y puedan soportar el peso del follaje, establecerlas un año antes.

Para determinar interacciones entre el cultivo y los soportes vivos, sus rendimientos y como afecta los rendimientos de ñame, es necesario evaluar este sistema por más ciclos de cultivos.

Separar los tratamientos, utilizar mayor distancias entre los tratamientos, pueden existir muchas interacciones entre ellos, la sombra de un tratamiento puede influenciar en otro, las enfermedades se pueden diseminar más rápido por su cercanía.

Continuar los estudios para determinar el efecto de las raíces del madero negro en la producción y calidad de los tubérculos. Determinar hasta cuando se puede continuar trabajando con el sistema establecido de madero negro y ñame.

Realizar podas a los soportes vivos, para evitar el sombreado del ñame. La poda inicial debe ser total después que el cultivo haya brotado y las podas durante el crecimiento del cultivo deben ser parciales para así evitar daños a cultivo, estas pueden aportar nutrientes y materia orgánica al sistema. En el ensayo no se pudo realizar porque el sistema era muy joven.

Sembrar con soportes, preferiblemente vivos porque presentaron mejor retorno económico que sembrar sin soportes.

## VII. LITERATURA CITADA

- Acosta, M. 2000. Manejo integrado de la antracnosis causada por *Colletotrichum* sp., en el cultivo de ñame (*Dioscorea alata* L) Darién. IDIAP. Panamá. Plegable.
- Aguilar B, E. 1996. Efecto del tipo y altura del soporte en el rendimiento de ñame Diamantes 22 en la zona Atlántica de Costa Rica. Primer Congreso Agropecuario Y Forestal de la Región Huetar Atlántica. Pococí, Limón. Costa Rica. 42p.
- Aguilera Marín, N; Guedes García, LM; Borges García, M. 1999. Aclimatación de clones de ñame (*Dioscorea alata* L)... Biotecnología Vegetal. Quinto Coloquio Internacional de Biotecnología Vegetal. Villa Clara. Cuba. p145 -146.
- Arguello, H; Kass, DL; Bermudez, W. 1987. Nutrient release from prunings of *Gliricidia sepium*. In *Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp: Management and Improvement. Nitrogen Fixing Tree Association. CATIE. Costa Rica. 73p.
- Bieberach, C; González, PA; Quirós, E; Hernández, M; De León, B. 2001. Saneamiento, micropropagación y producción de semilla vegetativa de ñame (*Dioscorea alata* L.). Notas de investigación en progreso. IDIAP. Panamá. 11(2):6.
- Budelman, A. 1987a. *Gliricidia sepium* (Jacq) Walp. In the Southern Ivory Coast: Production, composition and decomposition of the leaf biomass. In *Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp: Management and Improvement. Nitrogen Fixing Tree Association. CATIE. Costa Rica. 74-81.
- \_\_\_\_\_. 1987b. The above-ground structural compatibility of *Flemingia macrophyla*, *Gliricidia sepium* and *Leucaena leucocephala* as live stakes for yams, *Dioscorea alata*. In *Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp: Management and Improvement. Nitrogen Fixing Tree Association. CATIE. Costa Rica. p82-89.
- \_\_\_\_\_. 1987c. The value of *Cassia siamea* and *Gliricidia sepium* as "in situ" support system in yam cultivation: experiences from a farm-based trial. In *Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp: Management and Improvement. Nitrogen Fixing Tree Association. CATIE. Costa Rica. p90-91.
- \_\_\_\_\_. 1990. Woody legumes as live support system in yam cultivation. The tree-crop interface In Woody Species in Auxiliary Roles. Live Stakes in Yam Cultivation. Royal Tropical Institute. Amsterdam. p130-142.

- \_\_\_\_\_. 1991. Effect of the application of the leaf mulch of *Gliricidia sepium* on early development, leaf nutrients contents and tuber yields of water yam (*Dioscorea alata*). In *Woody Species in Auxiliary Roles: Live stakes in Yam Cultivation*. Royal Tropical Institute. Ámsterdam. p115-129.
- \_\_\_\_\_. 1991c. Woody legumes as live support systems in yam cultivation. II. The yam – *Gliricidia sepium* association. In *Woody Species in Auxiliary Roles. Live stakes in Yam Cultivation*. Royal Tropical Institute. Ámsterdam. p143-151.
- Cálix De Dios, H; Castillo Martínez, R. 2000. Soportes vivos para Pithaya (*Hyloceres* spp.) en sistema agroforestal. *Agroforestería en la Américas*. 7(28):21-25.
- CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñaza). 1991. El Madreado (*Gliricidia sepium*): Uso y manejo en cercas vivas. Proyecto Madeleña. CATIE. Turrialba. Costa Rica. Plegable.
- Chavarria Sacasa, MR. 1991. Evaluación del crecimiento y producción del ñame alado (*Dioscorea alata* cv "6322") utilizando soportes vivos de poro (*Erythrina berteroana* Urban) y madero negro (*Gliricidia sepium* Jacq) Walp. Tesis M.sc.Turrialba, Costa Rica. 109p.
- Chitré Net. 2002. Provincia de Los Santos: Panamá, folclor, fiestas, cerámicas. (En línea). Consultado el 15 Nov 2002. Disponible en [www.chitré.net/lossantos/clima.html](http://www.chitré.net/lossantos/clima.html)
- CENDA (Centro de Desarrollo Agropecuario, Zona Norte). 1982. Curso de adiestramiento sobre el cultivo de ñame. La Herradura, Santiago. República Dominicana.
- Conabio. 2003. *Gliricidia sepium*. (En línea). Consultado el 16 de diciembre 2003. Disponible en [www.conaibo.gob.mx/conocimiento/info\\_especies/arboles/doctos/29-legum19m.pdf](http://www.conaibo.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/29-legum19m.pdf)
- Corpoica. 2003. Yuca y Ñame. (En línea). Consultado el 21 de septiembre 2003. Disponible en [www.corpoica.org.co/sitiocorpoica/planes/sistemas/texto/sistema.html](http://www.corpoica.org.co/sitiocorpoica/planes/sistemas/texto/sistema.html)
- EARTH (Escuela de Agricultura de la Región Tropical Húmeda). 1993. Proyecto empresarial Diamante ñame (*Dioscorea alata*). EARTH. Costa Rica. 31p.
- Garcés Orejuela, IA. 1940. Enfermedades del cacao en Colombia. Ministerio de Economía Nacional. Colombia. 59p.
- Gil, JA; Montañó, N; Khan, L; Gamboa, AJ; Narváez, EJ. 2000. Efecto de diferentes estrategias de riego en el rendimiento y la calidad de dos cultivares de melón (*Cucumis melo* L.). (En línea). Consultado el 2 de Dic 2002. Disponible en [www.pegasus.UCLA.edu.ve/BIOAGRO/Bioagro%2012\(1\)/Estrategias.html](http://www.pegasus.UCLA.edu.ve/BIOAGRO/Bioagro%2012(1)/Estrategias.html)
- Gutiérrez, Al. 1990. Diamantes 22, una alternativa para el productor de ñame. Guía agropecuaria de Costa Rica. MAG. p68-69.

- Herrera, D; Guerreo, B; Gordón, R. 1997. Efecto de la densidad de siembra y arreglo espacial sobre la producción de grano y de forraje de *Canavalia ensiformis*, Los Santos, Panamá, 1994. In síntesis de resultados experimentales 1993 -1995. PRM (Programa regional de maíz), Guatemala. p136-138.
- Holdridge, LR. 1978. Ecología basada en zonas de vida. IICA (Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas). San José, Costa Rica. 216p.
- Hughes, CE. 1985. Especies nativas con potencial para la producción de leña en Centroamérica. In Técnicas de Producción de Leña en Fincas Pequeñas y Recuperación de Sitios Degradados por Medio de la Silvicultura. Turrialba, Costa Rica. Actas. p91-114.
- Icochea, TA. 1997. Enfermedades fungosas y bacterianas de raíces y tubérculos andinos. Centro Internacional de la papa. Lima, Perú. 172p.
- IDIAP (Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá). 1995. Recomendaciones para el Cultivo del Ñame. Tecnología IDIAP. Panamá. IDIAP. 6p.
- Iturralde, FJ. 1997. Determinación de las frecuencias de riego y validación del uso consuntivo del cultivo de tomate industrial bajo riego por goteo, en suelos arcillosos. El Ejido, Los Santos, 1996. In Primer encuentro científico de investigadores agropecuarios. Divisa, Panamá. p128.
- IMA (Instituto de Mercadeo Agropecuaria). 2003. Sistema de información para agronegocios. SIPAN del IMA. Panamá. (en línea). Consultado el 26 de noviembre 2003. Disponible en [www.pa/gobierno/index.html](http://www.pa/gobierno/index.html)
- Jaramillo, SE. 1991. Pedones de campo y estaciones experimentales del IDIAP. Boletín técnico N° 38. Panamá. 67p.
- Jiménez Burgos, JM. 1987. Interacción entre la fertilización nitrogenada y el espaciamiento y su efecto sobre el crecimiento y la producción del ñame (*Dioscorea trifida* L.). Tesis Lic. Ing. Agr. Heredia. CR. 108p.
- \_\_\_\_\_. 1988. El cultivo del ñame: Proyecto sistemas de producción en raíces tropicales y plátano. Divisa, Panamá. 51p.
- \_\_\_\_\_ ; Viquez, E; Kass, D; Chavarria, R. 1992. Uso de *Erythrina berteroana* y *Gliricidia sepium* como soportes vivos de ñame alado (*Dioscorea alata* L. c.v. 6322). El Chasqui. CATIE. p6-11.
- \_\_\_\_\_ ; Vargas, A. 1998. Soportes vivos para la producción de cultivos. In Apuntes de Clase del Curso Corto: Sistemas Agroforestales. Serie Técnica, Manual Técnico N° 32. CATIE. Turrialba, CR. p279-288.
- Kang, BT; Mulongoy, K. 1987. *Gliricidia sepium* as a source of green manure in an alley cropping system. In *Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp: Management and Improvement. Nitrogen Fixing Tree Association. CATIE. Costa Rica. p44-49.
- Kass, DL; Schlonvoigt, A; Jimenez, F. 2002. Técnicas agroforestales para producir tomate en laderas. Colección Folletos de Agricultura Ecológica para Productores. N°1. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 12p.

- Martín, F. 1982. Origen, distribución y taxonomía del cultivo del ñame. Curso de adiestramiento sobre el cultivo del ñame. La Herradura, Santiago. República Dominicana. 4p.
- Méndez, E; Beer, J; Faustino, J; Otarola, A. 2000. Plantación de árboles en línea. 2 ed. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 134p.
- Méndez Lay, JM; Ah Chu, R.1961. Informe sobre los suelos de la provincia de Los Santos. Ministerio de Agricultura, Comercio e Industria. República de Panamá. 41p.
- MIDA (Ministerio de Desarrollo Agropecuario). 1997. La Agroexportación base para una estrategia. Panamá. 32p.
- \_\_\_\_\_. 2003. Superficie, producción y rendimiento de ñame por región. Dirección Nacional de Agricultura. Panamá. Plegable.
- Mignucci, J. 1982. Plagas y Enfermedades. Curso de adiestramiento sobre el cultivo del ñame. La Herradura, Santiago. República Dominicana. 4p.
- Ministerio de Agricultura y Cría. 1993. Cultivo del ñame. Agricultura y Cría. Caracas, Venezuela (8):15.
- Montaldo, A. 1991. Cultivos de raíces y tubérculos tropicales. IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura). 2 ed. rev. San José, Costa Rica. 407p.
- Mora B, J. 1988. Reacción de cultivares de ñame (*Dioscorea alata*) al ataque de antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides* Penz). Investigación Agrícola. San José, Costa Rica. 2(1): 50-53.
- Nwankiti, AO; Arene, OB. 1978. Diseases of yam in Nigeria. National Root Crops Research institute, Umidipotasioe, Nigeria. PANS 24(4). p486 – 494.
- Obando, L. 1987. Potencial alelopático de *Gliricidia sepium* (Jacq) Walp. sobre los cultivos de maíz y frijol y las malezas predominante. In *Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp: Management and Improvement. Nitrogen Fixing Tree Association. CATIE. Costa Rica. p59-60.
- Otárola, A. 1995. Cercas vivas de madero negro: practica agroforestal para sitios con estación seca marcada. Agroforestería en las Américas. 2 (5):24-29.
- Organización para Estudios Tropicales. 1986. Sistemas agroforestales: Principios y aplicación en los Trópicos. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 818p.
- Osorio C, JA. 1987. Chemical Control of Yam Anthracnose, Caused by *Colletotrichum gloeosporioides*, Penz. Revista ICA. 20:179-185.
- \_\_\_\_\_; Ramírez Naranjo, B. 1989. Principales enfermedades del ñame en la región del Caribe. Transferencia de tecnología. ICA-INFORMA. Colombia. p13-19.
- Phillips Mora, W. 1993. Aspectos fitopatológicos relacionados con la sombra y con los cultivos asociados al cacao. In seminario regional "Sombras y cultivos asociados con cacao". Memoria. Turrialba, Costa Rica. CATIE. p31-46.

- Puga, BE. 1995. Manejo agronómico del cultivo de ñame. Guía técnica. 2 ed. MIDA, Panamá. 14p.
- Ramírez, F. 1998. Muestreo de suelos para diagnóstico de fertilidad. Centro de Investigaciones Agronómicas, UCR. San José, Costa Rica.
- Rivas Platero, G; Chavarria, A. 1995. Evaluación de líneas de ñame (*Dioscorea spp.*) en función de la antracnosis (*Colletotrichum spp.*) y el mosaico del ñame (YMV). Acta de la III semana científica, 1995. CATIE. Turrialba, Costa Rica. p120-123.
- Rodríguez, W. 2000. Botánica, domesticación y fisiología del cultivo del ñame (*Dioscorea alata*). Agronomía Mesoamericana. 11(2): 133-152.
- Rojas, M; Concepción, J. 1996. Manejo integrado del sistema de ñame mecanizado. Proyecto. IDIAP. Panamá. 5p.
- \_\_\_\_\_; Concepción, J; Von Chon, K. 1997. Manejo integral del cultivo de ñame mecanizado (*Dioscorea alata*): Una opción para la producción sostenida. Modulo V Ñame, Yuca, Oteo. Divisa, Panamá. 44p.
- Salazar Soto, W; Rodríguez, W. 1987. El Ñame (*Dioscorea sp.*) en el Trópico Bajo Húmedo en Costa Rica. Boletín agrario. Costa Rica. vol 7, N°6. 11p.
- Sánchez, GA; Payne, L. 1987. Survey of the cultural practices and uses of *Gliricidia sepium* by farmers in Costa Rica. In *Gliricidia sepium* (Jacq) Walp: Management and Improvement. Nitrogen Fixing Tree Association. CATIE. Costa Rica. p8-13.
- Sánchez Rojas, D. 1987. Respuesta del ñame (*Dioscorea trifida* L.) a la fertilización con nitrógeno, fósforo y potasio, en tres distancias de siembra y efecto del peso del propágulo. Tesis Lic. Ing. Agr. Heredia, Costa Rica. UN. 84p.
- Schwartz Howard, F; Gálvez, Guillermo E. (edit) 1980. Problemas de producción del frijol. Enfermedades, insectos, limitaciones edáficas y climáticas de *Phaseolus vulgaris*. Trad. Jorge Victoria. CIAT. Cali, Colombia. p55-56.
- Torres Puggan, M. 2003. Funcionamiento de K en la relación suelo planta. (En línea). Consultado el 15 de diciembre 2003. Disponible en [www.fertilizar.org.ar/articulos/articulos.asp](http://www.fertilizar.org.ar/articulos/articulos.asp)
- Vásquez, SW; Ramos, C. 2002. Caracterización genética a escala molecular de clones de ñame (*Dioscorea spp.*) y oteo (*Xanthosomas spp.*) de la República de Panamá. Mediante la amplificación al azar de polimorfismo de ADN y el uso de descriptores morfológicos. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Departamento de Fitotecnia. Universidad de Panamá. 264p.
- Von Chong, K. 2000. Manejo integrado de las enfermedades foliares del cultivo de ñame. IDIAP, Panamá. 2000. Plegable.
- Yau, JA; Quirós, E; Ruíz, E. 2001. Informe del proyecto de multiplicación de semilla fiscalizada componente de producción IDIAP Río Hato (Tomate, Pepino, Pimentón, Habichuela, Oteo, Ñame y Plátano). IDIAP (Instituto de

Investigaciones Agropecuarias de Panamá), Documento de Trabajo. Panamá. p68-72.

Zindahl, RL. 1980. Weed crop competition. Corvallis, Oregon, Internacional Plant Protection Center. 196p.

## VII. ANEXOS

Anexo 1. Prueba de Gram, para bacteriosis en diferentes medios.

Colonias		AN	KB	YDC	MS	D3
1	Gram. neg	Amarillo	Amarillo	Amarillo	Negativo	Positivo
2	Gram. neg	Crema	Crema	Crema	Positivo	Positivo
3	Gram. neg	Amarillo claro	Amarillo claro	Crema	Negativo	Negativo
4	Gram. pos	Amarillo claro	Amarillo claro			
5	Gram. pos	Amarillo claro	Amarillo claro			

AN. Agar nutritivo

KB. King B.

YDC. Levadura, dextrosa, carbonato de calcio.

MS. Miller – Schroth.

D3. Kado y Hespotsioett (medio para determinar Erwinia).

Anexo 2. Precios promedio del ñame (US\$/qq) en el mercado agrícola central, Panamá, año 1997 – 2003.

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Prom.												
95 – 02	21.98	22.60	23.57	27.74	28.23	29.09	41.52	45.80	51.09	33.69	26.82	23.60
2003	19.60	19.00	19.00	20.00	24.75	27.60	37.80	45.80	<b>46.71</b>	33.55	31.78	

Fuente: sistema de información para agronegocios SIPAN del IMA.

Anexo 3. Comparación de los datos meteorológicos de los meses críticos (mayo, junio y julio) del cultivo de ñame con respecto a las enfermedades, en los últimos tres años, tomados en la finca El Ejido, Azuero, Panamá, 2003.

Meses	Año 2001 Precipitación Mm	Año 2002 Precipitación mm	Año 2003 Precipitación mm
Mayo	52.0	74.0	109.5
Junio	71.0	50.0	145.0
Julio	125.0	63.0	141.0
promedio	82.66	62.33	131.83

Anexo 4. Resumen del análisis de varianza para la irradiación solar en todos los tratamientos.

Fuente de variación	g.l	Suma de cuadrado	Cuadrado medio	F evaluada	Pr > F
Bloque	3	11478.2479	3826.0826	2.26	0.1107ns
Tratamiento	7	129804.6126	18543.5161	10.97	<.0001**
Error	21	35486.1731	1689.8178		
C.V. %		5.003969			

\*\* Altamente significativo al 0.001 de probabilidad

n.s. no significativo

g.l grados de libertad

Anexo 5. Resultados de las medias de las variables temperatura, humedad relativa y humedad del suelo, en las diferentes densidades del cultivo del ñame y soportes de madero negro, en la finca El Ejido, Azuero, Panamá, 2003.

Tratamientos	Temperatura °C	H. relativa %	Humedad del suelo %
T1	30.75	68.25	30.26
T2	29.25	66.25	31.59
T3	30.00	65.75	27.78

T4	30.00	64.00	28.74
T5	29.75	65.50	29.72
T6	29.75	65.50	28.78
T7	29.75	64.75	31.00
T8	30.25	64.00	30.68

Anexo 6. Costo de producción de las labores de campo para la producción de ñame, en

las diferentes densidades del cultivo de ñame y soportes de madero negro

en dólares (US \$), en la finca El Ejido, Azuero, Panamá, 2003.

<b>Costo de producción de ñame criollo</b>									
		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
<b>Preparación de terreno</b>									
	arado	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00
	rastra	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00
<b>Sistema de riego</b>									
	Riego	900.00	900.00	900.00	900.00	900.00	900.00	900.00	900.00
<b>Siembra</b>									
	semilla	981.00	981.00	981.00	1295.00	981.00	1295.00	981.00	1295.00
	corte de semilla	48.00	48.00	48.00	60.00	48.00	60.00	48.00	60.00
	hoyado	72.00	72.00	72.00	96.00	72.00	96.00	72.00	96.00
	siembra	78.00	78.00	78.00	102.00	78.00	102.00	78.00	102.00
<b>Fertilización</b>									
	Abono completo	45.00	45.00	45.00	60.00	45.00	60.00	45.00	60.00
	nitrate de potasio	32.00	32.00	32.00	39.00	32.00	39.00	32.00	39.00
	fertilizar	27.00	27.00	27.00	30.00	27.00	30.00	27.00	30.00
<b>Control de malezas</b>									
	Limpieza manual (3 ciclos)	108.00	108.00	108.00	108.00	108.00	108.00	108.00	108.00
	herbicida	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
	regar herbicida	9.00	9.00	9.00	12.00	9.00	12.00	9.00	12.00
<b>Control de plagas</b>									
	insecticidas	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00
	regar insecticida	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00
<b>Cosecha</b>									
	Cosecha manual	300.00	300.00	300.00	396.00	300.00	396.00	300.00	396.00
<b>Terreno</b>									
	Arriendo	200.00	200.00	200.00	200.00	200.00	200.00	200.00	200.00
<b>Costo total</b>		<b>2943.00</b>	<b>2943.00</b>	<b>2943.00</b>	<b>3441.00</b>	<b>2943.00</b>	<b>3441.00</b>	<b>2943.00</b>	<b>3441.00</b>

Anexo 7. Detalles de los costos para el manejo del establecimiento de soportes, en las diferentes densidades del cultivo del ñame y soportes de madero negro dólares (US \$), en la finca El Ejido, Azuero, Panamá. 2003.

Trat		Cantidad de Estacas	Precio del soporte	Total en dólares	Nº Jornales	Costo mano de obra	Costo total del soporte
T2	Estacas muertas	7400	0.10	740.00	35	210.00	950.00
T3	Estacas vivas a 0.50m	7400	0.15	1100.00	60	360.00	1460.00
T4	Estacas vivas a 0.50m	7400	0.15	1100.00	60	360.00	1460.00
T5	Estacas vivas a 2.0m	1850	0.15	277.50	15	108.00	385.50
T6	Estacas vivas a 2.0m	1850	0.15	277.50	15	108.00	385.50
T7	Estacas vivas a 4.0m	925	0.15	138.75	8	48.00	186.75
T8	Estacas vivas a 4.0m	925	0.15	138.75	8	48.00	186.75

