

**Efecto del pH en el establecimiento de una  
plantación de helecho Hoja de Cuero  
(*Rumohra adiantiformis* (G. Forst) Ching)**

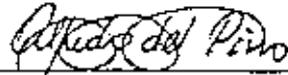
Proyecto especial presentado como requisito parcial para optar  
al título de Ingeniero Agrónomo en el Grado  
Académico de Licenciatura

presentado por:

**Alfredo Valdemar del Pino Caicedo**

Zamorano-Honduras  
Mayo, 1998

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



---

Alfredo Valdemar del Pino Caicedo

Zamorano-Honduras  
Mayo, 1998

## DEDICATORIA

A mis padres, Bosco Salomón del Pino Caicedo y Amparito Betzabé Caicedo de del Pino. Pues sin ellos nada de esto hubiera sido posible.

A mi hermana, Laura Isabel del Pino Caicedo. Por el cariño que me ha demostrado durante toda el tiempo que hemos vivido.

Y a mi tío, Jorge Arroyo Caicedo. Por su apoyo cuando lo necesité.

## AGRADECIMIENTOS

A mi familia por haber tenido confianza en mí durante todo este tiempo.

Al Ing. César Zepeda, Dr. Wilfredo Colón y la Dra. Ana Margoth Andrews, mis asesores, por la ayuda, orientación y correcciones necesarias para terminar este documento.

Un agradecimiento muy especial a Ing. Hilda Flores, Ing. Anayanssi Rodríguez y a Ing. Liana Cáceres de Álvarez, por su ayuda en la solución de muchos de los problemas que se presentaron en el establecimiento del experimento.

A Helga y Eva, por su trato tan amable en todos los momentos.

Al Departamento de Horticultura por todos los conocimientos obtenidos de él.

A mis amigos del PLA: Jack Camino, Stalin Sánchez, Luis Soto, Belinda Zelaya, Carlos Flores, Alejandro Tonello, Amílcar Rincón, Alex Avilés, Augusto Terán, Guillermo Toruño, Alvaro Pérez, Enrique Duarte, Pedro Vargas, Luis Arriaza, Edgar Freire y todos los que se escapan de mi memoria en estos momentos, por el triunfo que hemos alcanzado y por el que muy pronto alcanzarán.

A Karlos Muñoz, José Bustos, Juan Barrezueta, Susana Heredia, Marcelino Ponce y Xavier Vivanco, por su amistad y con el deseo de que alcancen el éxito que todos buscamos.

A Guisella Torres, Stalin Zurita, Ivette Ponce y Ana Posas, porque las buenas amistades son siempre, aunque no estemos presentes o nos conozcamos desde hace poco.

## RESUMEN

Del Pino, Alfredo. 1998. Efecto del pH en el establecimiento de una plantación de Helecho Hoja de Cuero (*Rumohra adiantiformis* (G. Forst) Ching). Proyecto especial del Programa de Ingeniero Agrónomo, El Zamorano, Honduras. 36p.

El estudio se llevó a cabo en las instalaciones de la Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, Honduras. El objeto del estudio fue evaluar diferentes niveles de pH de medio de crecimiento y determinar en cual de ellos se obtenían mejores resultados en cuanto a altura de planta, simulando las condiciones de una plantación comercial en su fase de establecimiento, más precisamente, los primeros cuatro meses. Para esto se formuló un medio de crecimiento consistente en tres partes de aserrín descompuesto de pino, dos partes de suelo y una parte de arena. A este medio se dividió en cuatro tratamientos y se realizó una lectura de pH, para posteriormente realizar un ajuste de los niveles de pH deseados. Los niveles de pH evaluados fueron: 5.0, 6.0, 6.5 y 7.0. Se determinó que no existe una diferencia significativa entre los tratamientos de pH 5.0, 6.0, 6.5, donde las frondas se desarrollaron de una manera normal. No así el tratamiento de pH 7.0 donde el desarrollo fue significativamente menor que los demás tratamientos, por consiguiente las frondas fueron de menor tamaño. Otro de los objetivos del estudio fue determinar la procedencia óptima de los rizomas que servirían como medio de propagación, pudiéndose distinguir de dos clases, aquellos provenientes de rizomas con yemas apicales y laterales; y, rizomas sin yemas apicales, sólo laterales. Los resultados de esta fase del experimento mostraron que no existe una diferencia significativa entre procedencias de los rizomas, ambas fuentes alcanzaron una altura similar. Además se propuso observar y reportar cualquier evento que se pudiese presentar durante el tiempo del experimento. Se pudo observar que las frondas en todos los tratamientos alcanzaban la altura máxima en las primeras cinco semanas tomándose en cuenta desde la aparición del nuevo brote. También se observó un cambio en los niveles de pH de los tratamientos conforme pasó el tiempo del experimento, la causa se debió a la capacidad de amortiguamiento que poseía el medio formulado.

Palabras clave: ajustes de pH, desarrollo de fronda, procedencia de rizomas, vigor de fronda.

## NOTA DE PRENSA

### SE PROBARON DISTINTOS NIVELES DE pH EN HELECHO HOJA DE CUERO EN EL ZAMORANO

Cuatro valores de pH (medida referente a la acidez de suelo) fueron probados en helecho hoja de cuero en la Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, en Honduras. El objetivo probar esos valores fue el de observar en cual de ellos se desarrollaba mejor el helecho. Este cultivo es una fuente de grandes ingresos de dinero para sus productores, pues es de exportación con muy buen mercado especialmente en países de Europa y Estados Unidos. Este estudio se hizo para obtener información que facilitara la producción de estos helechos en el Valle del Zamorano, lo que beneficiaría al país pues representaría una nueva fuente de dinero y de trabajo para los hondureños.

Este experimento fue llevado a cabo en los meses de agosto a noviembre de 1997, por el investigador, estudiante de esta institución de educación superior. Probó mediante la elaboración de un medio de crecimiento igual para todos, el cual luego fue modificado para lograr valores de pH de 5.0, 6.0, 6.5 y 7.0. Y los resultados mostraron que el helecho hoja de cuero se dio mejor en los tres primeros valores, y en el último su crecimiento fue deficiente comparado con los otros tres.

En este mismo experimento se probó si el material (rizoma) que se utilizó para sembrar los helechos, que es un tipo de tallo subterráneo, tenía una influencia en cuanto a la parte de la cual provenían, al poseer unos en su ápice una yema activa (tipo de estructura del cual brotan nuevas ramas u hojas) y otros en cambio aunque tenían las yemas, pero no apical. Al final del experimento se pudo dar cuenta de que tanto los helechos provenientes de uno como del otro tipo de rizoma, fueron de igual altura, es decir, no se observó diferencia alguna.

El investigador pudo observar que los helechos alcanzaban su altura máxima a las cinco semanas después de que los nuevos brotan fueron visibles, pero no se los puede cortar para la venta sino hasta que la plantación completa haya alcanzado la edad de por lo menos un año.

El autor recomienda que aunque las condiciones de clima del Zamorano son al parecer lo suficientemente normales para el cultivo, se continúe profundizando en su investigación para de esta manera no perder una gran oportunidad de aumentar ingresos con la exportación de este rubro.

## CONTENIDO

	Portadilla.....	ii
	Autoría.....	iii
	Página de firmas.....	iv
	Dedicadora.....	v
	Agradecimientos.....	vi
	Resumen.....	vii
	Nota de prensa.....	viii
	Contenido.....	ix
	Índice de Cuadros.....	xi
	Índice de Figuras.....	xii
1	INTRODUCCIÓN.....	1
1.1	Objetivo general.....	1
1.2	Objetivos específicos.....	2
2	REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1	Generalidades de helecho hoja de cuero.....	3
2.2	Efecto de pH sobre los nutrientes del suelo.....	4
2.2.1	Nitrógeno.....	5
2.2.2	Fósforo.....	5
2.2.3	Potasio.....	5
2.2.4	Calcio y magnesio.....	6
2.2.5	Hierro, cobre, manganeso y zinc.....	6
2.3	El efecto del pH sobre el aluminio.....	6
2.4	Efecto del pH sobre los cultivos.....	7
2.4.1	Cultivos alimenticios.....	7
2.4.2	Cultivos ornamentales.....	7
3	MATERIALES Y MÉTODOS.....	9
3.1	Trabajo de campo.....	9
3.1.1	Medio de crecimiento.....	9
3.1.2	Recolección de material vegetativo.....	10
3.1.3	Siembra.....	10
3.1.4	Variables medidas y observaciones.....	11
3.1.5	Diseño experimental.....	11
3.2	Análisis estadístico.....	12

4	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	13
4.1	Relación entre el pH del suelo y altura de planta.....	13
4.2	Relación entre la procedencia de los rizomas y la altura de la planta...	14
4.3	Observaciones durante el experimento.....	14
4.3.1	Vigor de las frondas con respecto a su origen.....	14
4.3.2	Variación de pH del medio de crecimiento a través del tiempo.....	16
4.3.3	Influencia del ambiente en el crecimiento de las frondas.....	17
4.3.3.1	Influencia de la temperatura sobre el desarrollo de las frondas durante el experimento.....	20
4.3.3.2	Influencia de la temperatura sobre el desarrollo de las frondas durante el experimento.....	20
5	CONCLUSIONES.....	21
6	RECOMENDACIONES.....	22
7	REFERERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	23

## INDICE DE CUADROS

## Cuadro N°.

1.	Cantidad de agente acidificante para ajustar a el pH deseado por tratamiento.....	10
2.	Resultados del ajuste de pH para cada tratamiento.....	10
3.	Clasificación de rizomas por procedencia y por peso.....	10
4.	ANDEVA para el efecto de los tratamientos contra error estadístico...	13
5.	Resultados de la prueba de regresión a patrones lineales, cuadráticos y cúbicos.....	13
6.	Separación de medias de tratamientos, prueba Duncan, a un nivel alfa $\alpha=0,05$ .....	14
7.	ANDEVA entre efecto de las procedencias de los rizomas sobre la altura de la planta.....	14
8.	Variación de pH en cada tratamiento a través del tiempo del experimento y después.....	16

## INDICE DE FIGURAS

## Figura N°.

1.	Rango de disponibilidad de nutrientes con relación al pH.....	4
2.	Distribución de los rizomas clasificados de acuerdo a procedencia en cada tratamiento, en un área de 1 m <sup>3</sup> .....	11
3.	Altura de las frondas durante 5 semanas de crecimiento.....	15
4.	Conteo de frondas nuevas por semana de acuerdo a procedencia.....	15
5.	Temperaturas máxima, mínima y promedio durante los meses de agosto a noviembre de 1997.....	18
6.	Precipitación diaria durante los meses de agosto a noviembre de 1997.....	19

## 1. INTRODUCCIÓN

El helecho hoja de cuero (*Rumohra adiantiformis* (G. Forst) Ching), es un cultivo de mucha importancia comercial como fuente de follaje para la confección de arreglos florales en muchos países. Es de gran importancia comercial para los países de Europa y Estados Unidos, como consumidores, y para países latinoamericanos y Estados Unidos como productores.

Los países ubicados en los trópicos y subtropicos, debido a la relativa estabilidad de clima existente en ellos, poseen la ventaja de contar con producciones durante todo el año. Esta característica los hace capaces de tener producciones en oferta de este cultivo cuando los países europeos no lo pueden hacer debido a los fuertes inviernos que deben soportar, aprovechando de esta manera las ventanas de comercialización y los consiguientes mejores precios.

Otro factor de mucha importancia económica del que son beneficiados los productores del trópico y subtropico, es la existencia de abundante mano de obra y a bajo precio, distinto de países desarrollados de europeos, como Holanda, en que los sueldos y salarios de la mano de obra son muy altos y se debe recurrir a la mecanización, con el consiguiente costo de inversión inicial.

Las condiciones de Zamorano, de acuerdo a los requerimientos del cultivo, podrían ser satisfactorias por encontrarse dentro del rango de temperatura para el cultivo, que según Scarabough (1991), deben estar entre 13 y 31°C. La cantidad de exposición solar para el cultivo según Loadholtz (1978) debe estar en un rango de 32 a 54 kJ/m<sup>2</sup>. El Zamorano posee estas condiciones.

Es por esto que para saber si es factible técnicamente una producción comercial de helecho hoja de cuero en Zamorano, se realizó primero un ensayo a pequeña escala, para caracterizar el ritmo de crecimiento. Se estudió el pH del suelo, dado que este es importante para la disponibilidad de los macroelementos y los microelementos necesarios para el desarrollo de cualquier cultivo.

### 1.1 OBJETIVO GENERAL

Caracterizar el crecimiento de helecho hoja de cuero durante las primeras fases del crecimiento en condiciones de Zamorano, e identificar posibles problemas durante esta fase basado en diferentes niveles de pH.

## 1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Determinar el comportamiento de helecho hoja de cuero en cuatro medios de crecimiento con niveles de pH de 5.0, 6.0, 6.5 y 7.0 durante las primeras 5 semanas.

Determinar la mejor procedencia de los rizomas a sembrar, tales procedencias se dividen en dos, aquellos provenientes de rizomas con yema terminal y los provenientes de la parte media del rizoma madre (sin yema terminal, sólo laterales).

## 2. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 GENERALIDADES DE HELECHO HOJA DE CUERO

El helecho hoja de cuero, pertenece a la familia *Polypodiaceae*, es un helecho verdadero. Inicialmente fue nombrado *Polystichum adiantiforme* (G. Forst), pero hoy en día se lo clasifica como *Rumohra adiantiformis* (G. Forst) Ching.

Su principal propósito por el cual es cultivado, es como planta para la producción de follaje de corte para arreglos florales. Su importancia económica es muy grande, según Gunnerod (1988), las importaciones mundiales de follaje cortado en 1986 fueron de 202 millones de dólares, y los grandes importadores del producto fueron, Alemania, Estados Unidos y los Países Bajos, que juntos compran el 68.4% de total del mercado mundial.

Algunas características del cultivo son:

El helecho hoja de cuero puede propagarse de manera sexual o asexual, sin embargo, la manera asexual es la preferida por ser ésta la que garantiza una fronda de calidad y uniformidad. La planta adulta de helecho hoja de cuero, no tiene sexo definido, producen esporas y estas son capaces de germinar y desarrollar una planta completa.

El material para la siembra, consiste de rizomas, de aproximadamente 12 cm de largo, con 5 a 7 frondas. La distancia de siembra es de 30.5 cm x 30.5 cm, y deben enterrarse a una profundidad de 1.3 cm, con los brotes apuntando hacia arriba para facilitar el brote de las nuevas frondas. Las camas deben tener unas cuatro filas de material por el largo que tengan, esto es para facilitar las labores manuales necesarias.

Las plantas deben estar expuestas a una sombra de 80%, y la intensidad de luz en el interior debe ser de 32 a 54 klux, para garantizar las frondas, de color verde oscuro, que tienen la mejor calidad en el mercado (Loadholtz, 1978).

Henley *et al.*, (1981) señalan que los mejores lugares para situar la plantación de helecho hoja de cuero son lugares cálidos, para evitar temperaturas bajas, pues las frondas a temperaturas de  $-2.2^{\circ}\text{C}$  sufren de daño por frío; sin embargo, los rizomas pueden soportar hasta  $-5.5^{\circ}\text{C}$ . Los sitios recomendados por Scarabough (1991), son aquellos cuyas temperaturas estén comprendidas entre 13 y  $31^{\circ}\text{C}$ . Henley, *et al.*, (1981) recomienda que las temperaturas estén entre 13 y  $27^{\circ}\text{C}$ .

Este autor también señala que los mejores suelos son los arenosos y con un nivel alto de materia orgánica. Fassbender (1987) clasifica un nivel alto de materia orgánica en suelos agrícolas como mayor de 10%. Según Poncon (1998)<sup>1</sup>, no es recomendable usar aserrín de pino, aún estando descompuesto, por la cantidad de resinas que éste posee y son perjudiciales para la salud del rizoma.

Es importante que el cultivo se mantenga con una humedad constante, por ejemplo, según Loadholtz (1978) la cantidad de riego debe ser de 25 mm cada tres días en épocas calurosas, y de 13 mm cada cuatro días en épocas frías. Un exceso de humedad es perjudicial, pues favorece la aparición de hongos como *Pythium*. El riego debe ser más corto y frecuente en vez de voluminoso y poco frecuente.

La cantidad de nutrientes según Loadholtz (1978), deben estar en estos rangos: el nitrógeno (N) de 56 a 65 kg/ha/mes, el fósforo ( $P_2O_5$ ) en cantidades de 30 a 33 kg/ha/mes y el potasio ( $K_2O$ ) 56 a 65 kg/ha/mes. Otros elementos como el magnesio (MgO) en una cantidad de 4.7 kg/ha/mes. Las fertilizaciones se pueden hacer mediante el agua de riego.

La clasificación de los helechos en cuanto a tolerancia a acidez del suelo es muy amplia, habiendo dos grupos, los que prefieren la acidez y aquéllos que prefieren la alcalinidad. El helecho hoja de cuero se encuentra en el grupo de los que prefieren la acidez, Loadholtz (1978) recomienda el rango óptimo entre pH 5.5 a pH 6.0, pudiendo tolerar desde pH 5.0 a pH 6.0

## 2.2 EFECTO DE pH SOBRE LA DISPONIBILIDAD DE NUTRIENTES EN EL SUELO

El pH existente en un suelo es determinante para la disponibilidad de los macronutrientes y micronutrientes, siendo el rango de 6 a 7 donde se encuentran disponibles para la planta la mayoría de elementos. Al alejarse de este rango, ya sea hacia la acidez, (pH menor a 7); o hacia la alcalinidad, (pH por encima de 7), la disponibilidad de elementos puede fluctuar según se muestra en la Figura 1 (Brady, 1984).

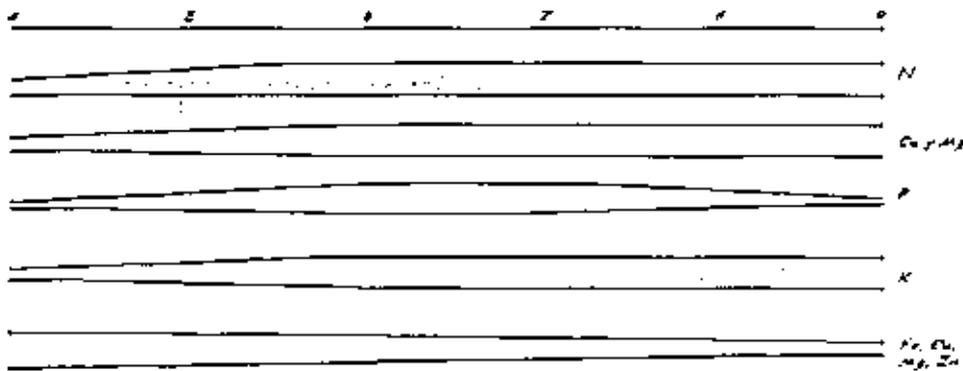


Figura 1. Rango de disponibilidad de nutrientes con relación al pH

<sup>1</sup> PONCON, C. 1998. Recomendaciones en helecho hoja de cuero. Comunicación personal.

### 2.2.1 Nitrógeno

El nitrógeno (N) existente en los suelos tiene dos fuentes principales, que son el aire y las fertilizaciones que se le apliquen, no existe en forma mineral. Las dos formas en que las plantas lo pueden absorber son como ion nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) y como el N amoniacal ( $\text{NH}_4^+$ ), siendo la primera la forma más rápidamente utilizada (Primavesi, 1982). Algunos cultivos como el arroz pueden absorber N amoniacal.

En el suelo existen muchas reacciones que pueden modificar al N en sus diferentes formas, pero en lo concerniente a pH, por ejemplo, este a valores menores de 5.5 hace que la oxidación microbiana de amoníaco a nitrato, llamada nitrificación sea mucho más lenta y por lo tanto se encuentre menos disponible para plantas que lo necesitan en forma de nitrato. Bajo estas condiciones, plantas capaces de absorberlo como amonio, se ven favorecidas (Bohn, 1993).

Otra razón por la cual el N puede ser deficiente a pH menores a 5.5 es la capacidad de intercambio catiónico, que causa que el ion amonio se fije a las estructuras cristalinas de minerales arcillosos laminares y expandibles (Bohn, 1993). Pudiendo a veces ser demasiado fuerte esta fijación y por consiguiente no habrá nitrificación ni absorción en forma de amonio.

El N interactúa con otros elementos intercambiables, por ejemplo los iones básicos, que el N amoniacal puede removerlos de las arcillas y dejar a éstos en la solución de suelo expuestos a lixiviación (Fassbender, 1987).

### 2.2.2 Fósforo

El P se encuentra disponible en un corto rango de pH de 6 a 7. Lyttleton y Buckman (1952) explican esta reacción ya que el P puede presentarse en distintas formas. Cuando el pH es alcalino, su forma en la solución del suelo es,  $\text{PO}_4^{3-}$ , la cual es lentamente absorbida por las plantas. Esto podría ser causa de la supuesta deficiencia a pH alto, dado que si hay calcio se produce una precipitación en forma de fosfato de calcio. Las formas más rápidamente absorbibles por la planta son  $\text{HPO}_4^{2-}$  y  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ , presentes en suelos ligeros o moderadamente ácidos, y la última se presenta en suelos con más acidez.

Bohn (1993) señala que el aprovechamiento del fosfato del suelo y la influencia del pH en este, se conoce solo de manera parcial, se especula que el mecanismo principal de fijación de fosfato (aprovechamiento disminuido) en condiciones ácidas es que el P se precipita en forma de fosfatos de hierro y de aluminio, los cuales son insolubles y por ende inaprovechables por la planta. Así mismo indica que a pH básico, forma fosfatos de calcio, los cuales tampoco son solubles ni aprovechables.

### 2.2.3 Potasio

La disponibilidad de K está ampliamente influenciada por la capacidad de intercambio catiónico (CIC). Es un catión básico, su cantidad en la solución de suelo es menor que la de  $\text{K}^+$  intercambiable, debido a la fuerte adsorción que tienen muchos minerales de silicatos laminares (Bohn, 1993).

Cuando hay una gran cantidad de iones de  $H^+$ , un ion ácido, estos ocupan los espacios en las moléculas de arcilla y materia orgánica, haciendo de esta manera que el  $K^+$  no se puedan retener y por lo tanto presentará deficiencia. (Manual del módulo de suelos, 1997).

Tales niveles de  $H^+$  se dan a pH con valores menores de 6.

#### 2.2.4 Calcio y Magnesio

Una curva parecida a la de K presentan el calcio (Ca) y el magnesio (Mg), volviéndose menos disponible a partir de pH menores de 6 tendiendo hacia la acidez. Obviamente, como la cal es una fuente de calcio, éste se encontrará más disponible cuando los suelos tienden a la alcalinidad, es decir a pH mayor a 7. La disponibilidad de magnesio está asociada a la capacidad de intercambio catiónico, la cual es grande cuando el pH del suelo se eleva, haciendo que aumente su preferencia por iones polivalentes contra los monovalentes (Bohn, 1993).

#### 2.2.5 Hierro, Cobre, Manganeso y Zinc

Otros elementos como el hierro (Fe), cobre (Cu), manganeso (Mn) y zinc (Zn), presentan una disponibilidad completamente diferente, pues están en su máximo a pH ácidos, hasta pH 5. Si se sube el pH del suelo, es decir, volviéndolo más alcalino, la disponibilidad de estos elementos se ve disminuida. En el caso del Fe, su forma reducida es la más asimilable. Cuando hay un exceso de los otros elementos, es decir, Cu, Mn y Zn, éstos oxidan al Fe y causan que se vuelva no disponible para la planta. La forma III del Fe se precipita muy rápidamente y tampoco es disponible para la planta, esta forma es particularmente presente a valores de pH de 6 en adelante. Una reducción de pH favorece la disponibilidad de Fe (Fassbender, 1987).

### 2.3 EL EFECTO DEL pH SOBRE EL ALUMINIO

Makus (1989), encontró que una fertilización baja de P (20 kg/ha) influía en la cantidad de Al en las hojas en amaranto (*Amaranthus tricolor* L.), siendo ésta más marcada a pH bajos, influyendo negativamente en la altura de la planta, la cantidad foliar de N, Na y K, pero incrementó la cantidad de Mn.

Bohn (1993), añade que existe una relación inversa entre la carga positiva de polímeros de hidratos de Al, (los cuales son virtualmente no intercambiables, que se adhieren a los coloides del suelo) y la disminución del valor de pH. Esto provoca una baja tasa de intercambio catiónico en la solución de suelo lo cual perjudica a la planta pues no permite que otros cationes de elementos estén disponibles para la planta. Esta toxicidad causada por Al y se revierte con una alza en el pH. Todo esto es dado porque el Al es un ion ácido, el cual al bajar el pH ocupa los lugares que ocuparían otros iones básicos como Na, K, Mg, etc. y no los deja disponibles para la planta. Al haber un aumento de pH se ven favorecidos tales cationes básicos y están mejor adheridos a las moléculas del suelo, y la planta podría en un futuro utilizarlos.

## 2.4 EFECTO DEL pH SOBRE LOS CULTIVOS

### 2.4.1 Cultivos alimenticios

Islam, *et al.*, (1980), cita que la tolerancia a altos niveles de  $H^+$  en la solución de suelo varía con las especies, e incluso entre los genotipos. Al hacer pruebas con niveles de pH entre 3.3 y 8.5 con seis especies en estudio (frijol, jengibre, maíz, tomate, trigo y yuca) en hidroponía, éstas crecieron óptimamente en rango de pH de 5.5 y 6.5; valores mínimos de pH 3.3 perjudicaron a todas las especies. Sin embargo, las raíces de yuca y maíz no presentaron daños, mientras las de frijol y un genotipo de trigo sí fueron dañadas. Así mismo se observó una reducción en la absorción de magnesio.

DeMeo y Marler (1997), mediante pruebas de germinación en papaya (*Carica papaya*) sometiendo semillas a diferentes concentraciones de solución nutritiva a pH de 3.0, 4.0, 5.0, 6.0, 7.0, 8.0 y 9.0; determinaron que no existe influencia de la concentración de  $H^+$  en el porcentaje de germinación de semillas de papaya.

Cummings (1984) determinó que los rendimientos de uva Muscadine (*Vitis rotundifolia*) eran mayores a un pH de 6.5 y una fertilización nitrogenada de 83 kg N/ha. Los rendimientos de uva se vieron disminuidos a medida que el pH se alejaba de este valor, tanto para la acidez como para la alcalinidad.

Stofella *et al.*, (1991), determinó que las semillas de chile dulce (*Capsicum annuum*) sembradas en soluciones de agar base, ajustado a un pH de 5.9, tuvieron un mayor peso seco de las raíces y del brote y un tallo más largo que aquellas sembradas a pH de 4.1 y 7.3, aunque esa diferencia fue mínima. Además emergieron más rápido (cotiledones completamente extendidos) que los demás tratamientos. La conclusión a la que se llegó es que la acidez y la alcalinidad afectan mínimamente la aparición de las raicillas y el final de la germinación.

### 2.4.2 Cultivos ornamentales

Johnson y Hummel (1982), investigaron la influencia de dos niveles de pH (5 y 7) sobre cortes enraizados de crisantemos (*Chrysanthemum morifolium* Ramat) inoculados con hongos micorrízicos *Glomus fasciculatus* (Thaxter) y además expuestos a concentraciones de iones en proporciones amonio/nitrato de 0:100, 40:60 y 80:20. Se determinó que la mejor infección de las micorrizas fue a un pH de 7 y una relación amonio/nitrato de 0:100. Las plantas no se beneficiaron de la inoculación con micorrizas a pH de 5 a ninguna relación de amonio/nitrato.

Holt y Maynard (1997) probaron dos cultivares de *Rhododendron sp.* (el PJM y el Catawbienese album), en un sistema de subirrigación y a dos niveles de pH, 4.5 y 7.5, con el objeto de encontrar en cual de ellos se producía el óptimo para enraizamiento. A pH de 4.5 los cultivares PJM y Catawbienese lograron porcentajes de enraizamiento de 100 y 88% respectivamente, mientras que a pH de 7.5 solo se logró 53 y 73%.

Un pH bajo, (ácido), disminuye la vida bacteriana y actinomicetales (Fassbender, 1975). Estos tipos de microorganismos favorecen la absorción de ciertos elementos. A pH bajo los hongos se ven favorecidos pues los otros organismos no son competencia por lo ácido del medio; éstos descomponen la materia orgánica, y algunas especies de hongos son agentes fitopatógenos.

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

Este estudio se llevó a cabo en las instalaciones de la Sección de Propagación de Plantas del Departamento de Horticultura en la Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, ubicada a 30 kilómetros de Tegucigalpa, en la carretera Tegucigalpa a Danlí, en el Departamento de Francisco Morazán, Honduras.

#### 3.1 TRABAJO DE CAMPO

##### 3.1.1 Medio de crecimiento

Se preparó el medio de crecimiento usando los materiales: aserrín de pino descompuesto, suelo y arena, en una proporción de 3:2:1 partes respectivamente, formando un volumen total de 5 m<sup>3</sup>.

Se construyeron y dividieron las parcelas, y se asignaron los tratamientos, quedando listas para recibir el medio de crecimiento luego de que éste fuera debidamente ajustado al pH requerido. Las medidas de cada parcela fueron de un metro cuadrado (1 m<sup>2</sup>) de área, por 35 cm de profundidad, de los cuales fueron llenados hasta los primeros 25 cm con el medio de crecimiento correspondiente.

Se realizó un análisis de laboratorio para determinar el pH existente en el medio recién preparado (se utilizó la medición de pH en agua). El pH del medio de crecimiento fue de 6.8.

Se realizaron los cálculos para los respectivos ajustes, de manera que en los tres primeros tratamientos se bajó el pH usando ácido sulfúrico; y en el último tratamiento se subió el pH usando un producto de nombre comercial Hi-Cal-Mag (Stoller, Fertimins), el cual es un hidróxido de Ca y Mg.

Para determinar la cantidad exacta del agente acidificante, se procedió a realizar una medición del pH en agua, de proporción 1:1 (suelo:agua) de una muestra de medio de 20 g, luego se agregó una cantidad conocida de ácido sulfúrico a concentración 0.1 N, se dejó reposando por media hora, y luego se procedió a medir el pH de nuevo, se repitió este procedimiento en la misma muestra hasta conseguir el ajuste deseado. Una vez conocida la cantidad de agente acidificante, y la cantidad de medio en la cual se aplicó, se calculó para un metro cúbico por tratamiento.

El Cuadro 1 muestra la cantidad de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> a 97% utilizado por tratamiento para ajustar al nivel de pH deseado.

Cuadro 1. Cantidad de agente acidificante para ajustar al pH deseado por tratamiento.

Tratamiento	Para llevar un pH de 6.8 a:	Se utilizó una cantidad de: (ml H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> /m <sup>3</sup> )
1	5.0	880
2	6.0	536
3	6.5	358

El ajuste para elevar el último tratamiento a un pH de 7, se hizo mediante la aplicación de una agente alcalinizante, la cantidad para esto fue de 1325 g de Hi-Cal-Míg por m<sup>3</sup> de medio de crecimiento.

Una vez realizados los ajustes de los tratamientos, se realizó un nuevo análisis de pH de los medios en agua para determinar la exactitud de tales ajustes. El Cuadro 2 muestra los resultados obtenidos al cabo de dos días de reposo:

Cuadro 2. Resultados del ajuste de pH para cada tratamiento.

Tratamiento	Valor esperado	Valor obtenido
1	5.0	5.05
2	6.0	6.02
3	6.5	6.48
4	7.0	7.02

### 3.1.2 Recolección de material vegetativo

Una vez comprobados los valores del pH se procedió a trasladar el medio a sus respectivas parcelas, y a la recolección del material vegetativo que sirvió como fuente para el experimento. Dicho material provino de la Sección de Propagación, para llevar el ensayo se diferenció el material por dos orígenes: a) aquéllos provenientes de las partes terminales del rizoma; y b) aquéllos provenientes de las partes no terminales del rizoma madre.

Todos los rizomas tenían 6 yemas visibles, y se dividieron de acuerdo a su peso como se muestra en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Clasificación de rizomas por procedencia y por peso

Cantidad	Terminales	Cantidad	No terminales
8	> 30 g	48	>30 g
31	20 - 30 g	32	< 30 g
25	< 20 g		

### 3.1.3 Siembra

El material seleccionado y clasificado se repartió en las parcelas de manera uniforme en cuanto a peso y origen, evitando que ninguna parcela recibiera una proporción mayor de rizomas de cualquiera de las categorías presentadas en el Cuadro 3.

La plantación de los rizomas se hizo a una distancia de 30.5 cm entre ellos, de manera que quedaron repartidos como se muestra en la Figura 2.

T	T	T
NT	T	NT
NT	NT	NT

T = material proveniente de la parte terminal del rizoma madre.  
 NT = material proveniente de partes no terminales del rizoma madre.

Figura 2. Distribución de los rizomas clasificados de acuerdo a procedencia en cada tratamiento, en un área de 1 m<sup>2</sup>.

Una vez sembrados, se continuó con la observación del crecimiento del material. Todos los días se aplicó un riego equivalente a 7 mm de lluvia, es decir, en una parcela de 1 m<sup>2</sup> de área, en los días en los cuales no se presentaba precipitación. Aquellos días en los que hubo lluvia, se calculó el posible déficit mediante el uso de un pluviómetro y se aplicó la cantidad necesaria para cubrir ese déficit. No se aplicó riego cuando llovía más de 7 mm diarios.

Una vez a la semana se aplicó una fertilización en el agua de riego, de acuerdo a las recomendaciones consultadas, estas cantidades fueron de: 214 ppm de N, 214 ppm de K<sub>2</sub>O. Y el fósforo se aplicó en forma de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, por ser poco soluble en el agua, y por su característica de no lixiviarse con facilidad, se aplicó todo lo requerido para el tiempo del experimento en una sola aplicación al comienzo de éste, es decir, 29g/m<sup>2</sup> para los cuatro meses del experimento de una fuente de P que fue 13-46-0. Las fuentes de los otros dos elementos fueron, en el caso del N, 46-0-0 y en el caso del K, 0-0-60.

#### 3.1.4 Variables medidas y observaciones

Un día a la semana, se llevó a cabo la medición de la altura de las plantas. Tal medición se realizaba tomando desde el suelo hasta el final de la fronda, es decir, toda la parte aérea, y además se contaban el número de nuevas frondas formadas por semana.

Así mismo se tomaron datos del pH inicial y el final del experimento y el pH luego de 4 meses de terminado el experimento.

#### 3.1.5 Diseño experimental

El diseño que se utilizó fue de bloques completos al azar, de cuatro tratamientos de pH (5.0, 6.0, 6.5, 7.0), con cuatro repeticiones de los mismos.

### 3.2 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El análisis estadístico se hizo, con el programa SPSS<sup>TM</sup>, para este análisis los datos debieron completar un requerimiento básico, y fue el de tener continuidad mínima de las cinco primeras semanas, en que se comprobó se cumplía la totalidad de la curva de crecimiento.

Los datos una vez recolectados, se sometieron a un análisis de varianza, para determinar si existía efecto de los tratamientos (pH del medio de crecimiento).

Luego se hizo una regresión para establecer un patrón que explicase tal relación.

Los datos fueron clasificados de acuerdo a su procedencia, y se estableció la existencia o no de una relación entre la altura de la fronda y el origen de ellos. Para esto se utilizó el procedimiento de análisis de varianza.

#### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de los análisis estadísticos se presentan y discuten a continuación.

##### 4.1 RELACIÓN ENTRE EL pH DEL SUELO Y ALTURA DE PLANTA

Se probó el efecto de los tratamientos con la altura de la fronda, y los resultados se presentan en el Cuadro 4.

Cuadro 4. ANDEVA para el efecto de los tratamientos contra error estadístico.

		SS	GL	CM	F	Sig
ALTURA	Tratamientos	300,758	3	100,253	4,348	.006
	Error	3481,264	151	23,055		
	Total	3782,021	154			

Fuente: Programa SPSS.

Los datos del Análisis de Varianza (ANDEVA), muestra un nivel de significación alto, de 0.006, lo cual nos dice que hay por lo menos un tratamiento distinto a los demás.

Se realizó una regresión entre las variables pH y altura de planta.

En el Cuadro 5 se muestran los resultados de este análisis.

Cuadro 5. Resultados de la prueba de regresión a patrones lineales, cuadráticos y cúbicos.

Variable independiente: pH				
Dependiente	Patrón	R <sup>2</sup>	Grados de libertad	F
Altura	Lineal	.024	153	3,81
Altura	Cuadrático	.076	152	6,21
Altura	Cúbico	.080	125	4,35

Fuente: Programa SPSS.

Se puede notar que los coeficientes de R<sup>2</sup> para las respectivas curvas son demasiado bajos como para considerar a alguna de ellas representativa de lo que sucedió en la planta al ser influenciada por el pH del medio de crecimiento.

Se realizó una prueba de separación de medias de Duncan a un nivel de significación de 0.05, cuyos resultados se muestran en el Cuadro 6.

Cuadro 6. Separación de medias de tratamientos, prueba Duncan, nivel alfa = 0.05

ALTURA (cm)		
pH	N	
7.0	6.4552	a
5.0	8.7187	b
6.0	9.6352	b
6.5	9.9467	b

Nivel alfa = 0.05

Fuente: Programa SPSS.

Estos resultados nos muestran que el tratamiento de pH 7 fue diferente a los demás, Los resultados de los tratamientos de pH 5, 6, 6.5 respondieron similarmente.

#### 4.2 RELACIÓN ENTRE LA PROCEDENCIA DE LOS RIZOMAS Y LA ALTURA DE LA PLANTA

El Cuadro 7 muestra el análisis de varianza obtenido según la procedencia de los rizomas con respecto a la altura de la planta.

Cuadro 7. ANDEVA entre efecto de las procedencias de los rizomas sobre la altura de la planta.

		SS	GL	CM	F	Sig
ALTURA	Procedencias	17.988	1	17.988	.731	.394
	Error	3764.033	153	24.602		
	Total	3782.021	154			

Fuente: Programa SPSS.

Estos resultados estadísticos muestran una diferencia no significativa entre la procedencia de los rizomas con respecto a la variable de altura de la fronda.

#### 4.3 OBSERVACIONES DURANTE EL EXPERIMENTO

##### 4.3.1 Vigor de las frondas con respecto a su origen

El desarrollo de las frondas se completó, al menos en cuanto a altura, en las primeras cuatro semanas, tomándose para seguridad una semana más, es decir, en cinco semanas. La Figura 3 nos muestra el desarrollo de las frondas durante el período de crecimiento de los cuatro tratamientos.

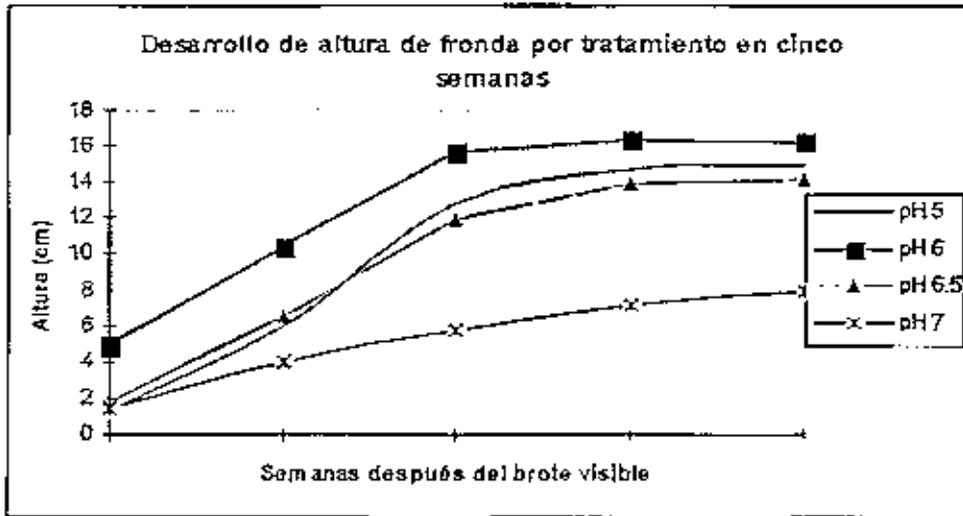


Figura 3. Altura de las frondas durante 5 semanas de crecimiento.

Se pudo observar una menor altura de la planta durante el experimento comparado con el tamaño recomendado por Conover y Loadholtz (s.f.) de 50 cm, el cual es el preferido en mercados como Europa. Las posibles razones para esto es que en una plantación comercial, el cultivo está muy cerrado y las frondas se ven en la necesidad de alargarse para superar la competencia por luz, en cambio, aquí no existía la competencia y las frondas se encontraban en libertad de desplegarse lo más rápido posible.

Tampoco se pudo observar una diferencia entre el origen de los rizomas y el número final de frondas. En la Figura 4 se puede observar la formación las nuevas frondas por semana de acuerdo a la procedencia del rizoma.

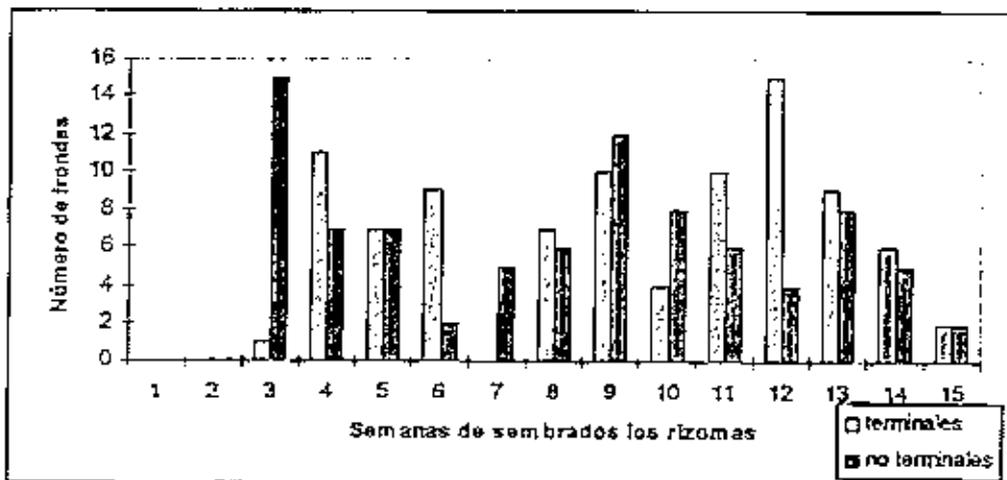


Figura 4. Conteo de frondas nuevas por semana de acuerdo a procedencia.

Los datos de nuevas frondas por semana fueron sometidas a una prueba t de Student. Los resultados mostraron un valor  $t = 0.12$  en una cola, lo que nos dice que las pequeñas diferencias observadas se deben más que nada a causas del azar que a un efecto de las procedencias.

Aunque se llegase a tener frondas de tamaño comercial apenas logrado el cultivo, estas no se pueden cortar porque son la base de alimentación de la planta, se debe dejar tiempo antes de poder hacer la primera poda comercial. La edad para realizar el primer corte debe ser cuando la plantación pase del año de edad (Poncon, 1998, comunicación personal).

#### 4.3.2 Variación de pH del medio de crecimiento a través del tiempo

El pH de los tratamientos tuvo una variación a través del tiempo que se puede observar en el Cuadro 8.

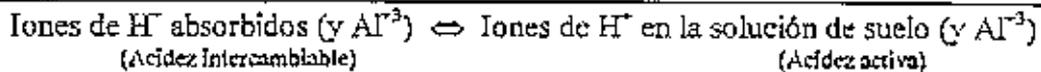
Cuadro 8. Variación de pH en cada tratamiento a través del tiempo del experimento y después.

Tratamientos	pH inicial	pH final	pH después de 4 meses
5.0	5.05*	5.85	5.21
6.0	6.02	6.00	5.59
6.5	6.48	6.22	5.82
7.0	7.02	6.45	6.37

\*N = 4

Según Brady (1984), esta variación de pH del medio de crecimiento se explica mediante la capacidad "buffer" o de amortiguamiento de la solución de suelo. Esto ocurre por el balance que existe en el suelo, entre la acidez activa y la acidez intercambiable. En el suelo, la proporción de acidez activa/acidez intercambiable está considerada en un rango desde 1/1000 para suelos arenosos hasta 1/100000 para suelos arcillosos.

La ecuación que explica esta reacción se presenta a continuación:



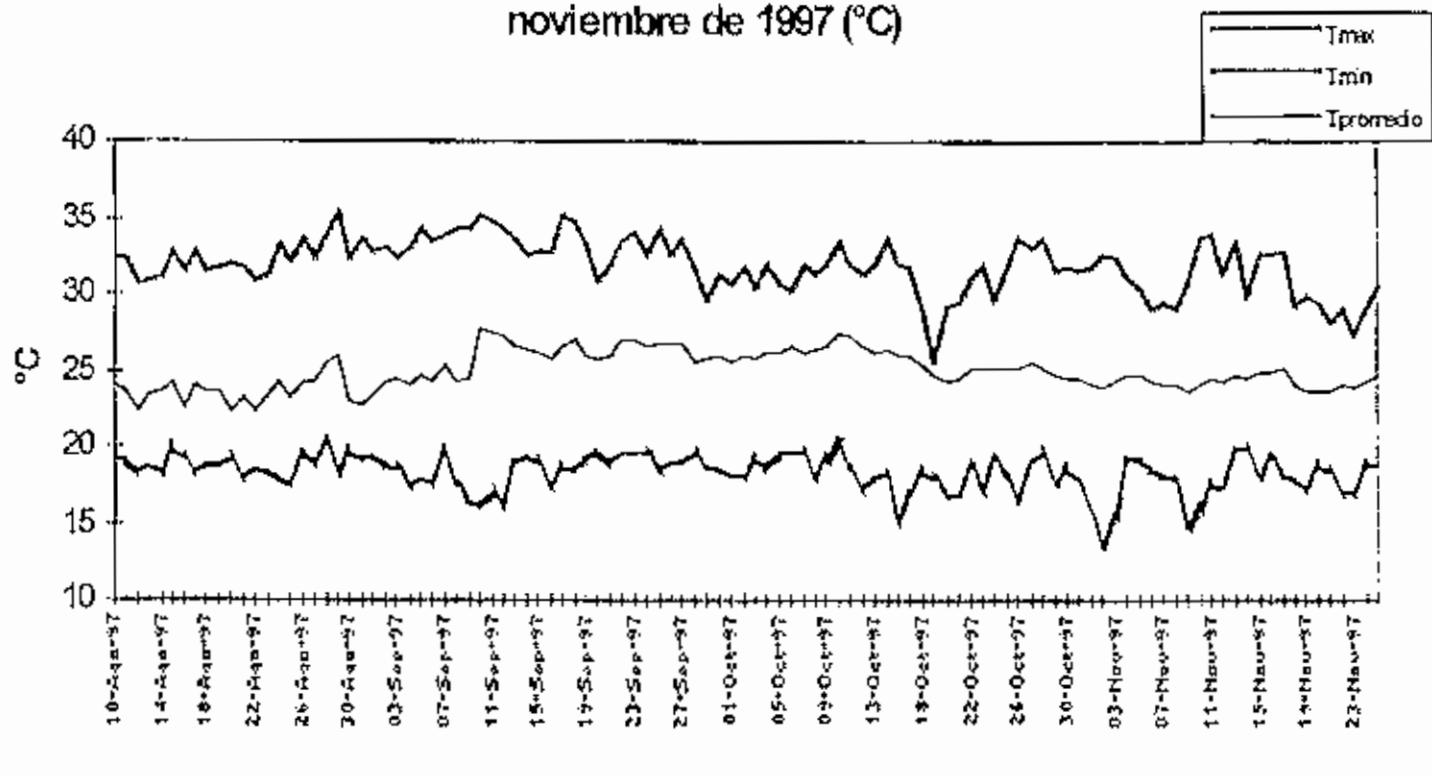
Las modificaciones que se hacen al pH actúan sobre la acidez activa. Cuando la concentración de iones de  $H^+$  es disminuida por la aplicación de cal, al pasar el tiempo la acidez intercambiable cede iones de  $H^+$  que lleva el pH a un nivel muy parecido al original antes de la aplicación de cal. Así mismo funciona en un sentido contrario en caso de aumentar la concentración de iones de  $H^+$ , la acidez intercambiable o de reserva fija esos iones y el pH nuevamente vuelve a un valor muy cercano al original.

En este proceso tienen un papel muy determinante la cantidad de arcillas y limo presentes en la solución de suelo, pues por su carga negativa atraen a los iones de  $H^+$  que tienen carga positiva volviéndolos inaccesibles al intercambio en la solución.

### 4.3.3 Influencia del ambiente en el crecimiento de las frondas

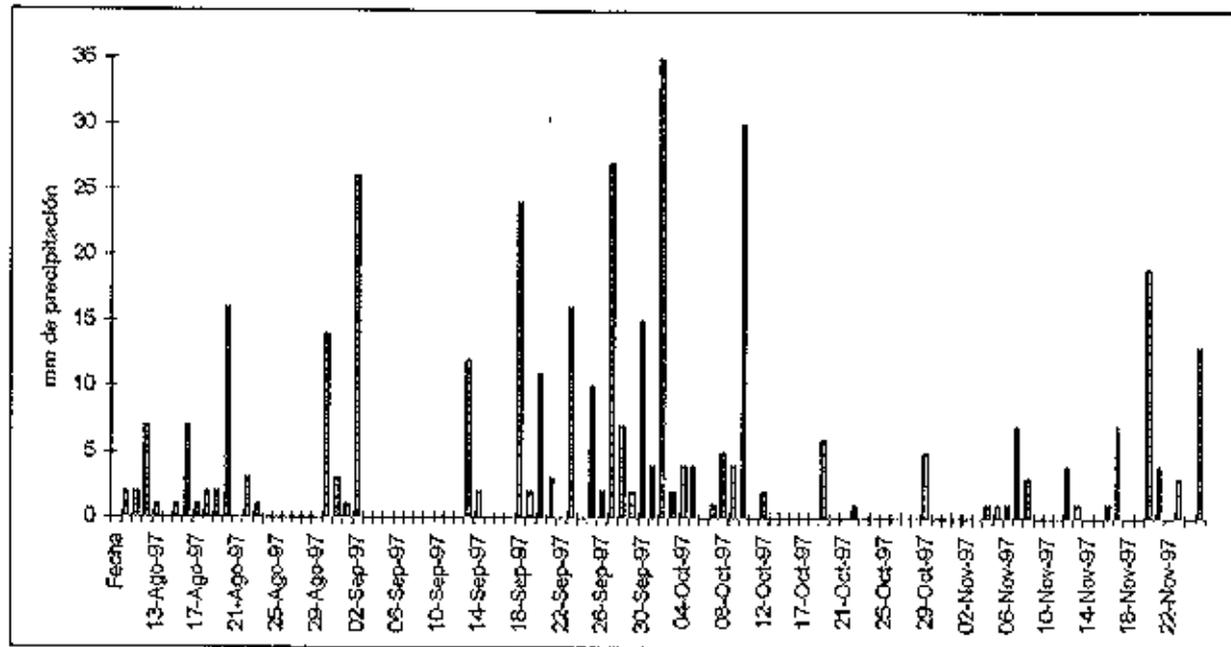
Las condiciones ambientales que se dieron durante el tiempo del experimento, se muestran para temperatura máxima, mínima y promedio en la Figura 5. Y para precipitación diaria durante los meses de agosto a noviembre de 1997 en la Figura 6.

Temperaturas máximas, mínimas y promedio desde agosto a noviembre de 1997 (°C)



Fuente: Departamento de Agronomía.

Figura 5. Temperaturas máxima, mínima y promedio durante los meses de agosto a noviembre de 1997.



Fuente: Departamento de Agronomía

Figura 6. Precipitación diaria durante los meses de agosto a noviembre de 1997

**4.3.3.1 Influencia de la temperatura sobre el desarrollo de las frondas durante el experimento.** De los datos mostrados en la Figura 5 , se puede notar que: los valores de temperatura máximos, mínimos y promedio se encuentran dentro de los recomendados por Scarabough (1991), de 13 a 31°C, pues las temperaturas mínimas se mantuvieron casi siempre por encima de los 15°C y las veces que bajaron de este nivel, fue por cortos períodos de tiempo que no fueron capaces de causar un daño a las frondas, dicho daño se presenta según Henley *et al.*, (1981) a partir de -2.2°C.

Por otro lado, las temperaturas máximas se encontraron muy cerca del límite de los 31°C, lo cual no afectó a las frondas.

El indicador de temperatura media muestra que ésta se mantuvo a lo largo del experimento en el rango de 20 a 25°C, el cual es el rango deseado.

La temperatura no constituyó un factor de estrés para el desarrollo normal de las frondas en el experimento.

**4.3.3.2 Influencia de la humedad sobre el desarrollo de las frondas durante el experimento.** La humedad no constituyó un factor de estrés para el desarrollo del experimento, porque el déficit de humedad que no proporcionó la lluvia, fue suplementado mediante un riego controlado.

Cuando se registró una precipitación mayor a los 7 mm diarios recomendados por Loadholtz (1978), nunca se observó un anegamiento en ningún tratamiento pues el medio de crecimiento drenó toda el agua y evitó su acumulación.

## 5. CONCLUSIONES

Luego de realizado el experimento, y analizados los datos, se puede llegar a concluir lo siguiente:

El efecto de los tratamientos de pH en el medio de crecimiento, no mostró gran diferencia cuando estos se encontraron en un rango desde pH 5 a pH 6,5; no así el tratamiento de pH 7, que fue significativamente menor su media de altura a los demás tratamientos.

No se encontró una relación entre la altura de la fronda y la procedencia de esta. Tanto las frondas procedentes de rizomas con yemas apicales como los de rizomas sin yema apical, presentaron altura totales muy similares.

Las frondas alcanzan su máxima altura de 24 cm hasta la quinta semana de haber brotado, independientemente del tratamiento de pH al que fueron expuestas o de la procedencia de ellas. Esta altura aunque menor que la comercial de 50 cm, es normal, dado que la plantación se encuentra en sus primeros meses de establecimiento y no existe suficiente competencia por luz.

Para obtener una buena calidad de fronda, no importa cual sea la procedencia de los rizomas de transplante, son tan buenos los de la parte terminal como los de la parte no terminal. No se observó una diferencia entre el número de brotes totales y su procedencia. Tanto los provenientes de rizomas con yemas apicales como los de rizomas sin yema apical mostraron un número de frondas muy similar.

Se pudo observar cambios en el pH del medio de crecimiento a través del tiempo que tomó el experimento, atribuibles a la capacidad *buffer* de la solución de suelo.

## 6. RECOMENDACIONES

Se pueden llegar a dar las siguientes recomendaciones:

De acuerdo a la reseña de a literatura, y a los resultados del experimento, se recomienda que el pH de una plantación esté dentro del rango de pH 5.0 a pH 6.0.

Sería de mucha utilidad realizar experimentos que fuesen capaces de medir el daño que el aserrín de pino fresco o parcialmente descompuesto pudiese causar a las plantas de helecho hoja de cuero. Y también determinar qué otro tipo de materia orgánica puede ser la mejor a utilizar en la elaboración del medio de crecimiento.

El método utilizado en laboratorio para ajustar el pH usando una titulación de  $H_2SO_4$ , fue efectivo, y es recomendable para futuros experimentos de ajuste de pH. La variación posterior en el medio de crecimiento se debió a la capacidad de amortiguamiento del medio.

La información recabada hasta el momento por este estudio, da una idea de las características de este cultivo, pero no es definitivo, por que se estudiaron los cuatro primeros meses, y falta mucho aún por investigar, por ejemplo, la época de cosecha, para la cual se debe dejar pasar por lo menos un año a la plantación. Más estudios posteriores a éste serían muy recomendables para aumentar el conocimiento del cultivo en las condiciones de Zamorano.

## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BOHN, H. 1993. Química del suelo. México D. F., México. Limusa, p 370.
- BRADY, N. 1984. The nature and properties of soils. EEUU, MacMillan Publishing Company, p 750.
- CONOVER, C. A.; LOADHOLTZ, L.L. s. f. Leatherleaf fern production in Florida. Estados Unidos, IFAS. Ornamental Horticulture Report, 70-1, p 26
- Citado por: Vargas, R. 1992. Estudio de factibilidad técnico financiero para la exportación de helecho hoja de cuero (*Rumohra adiantiformis* (G. Forst)Ching). Programa de Ingeniería Agronómica, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. 174 p.
- CUMMINGS, G.; LILLY, P. 1994. Soil pH rate to fruit yield and elemental concentration of muscadin grapes. North Carolina State University. Hort Science Vol. 19(6), p. 831-832.
- DEMEO, R.A.; MARLER, T. 1997. Solution pH and papaya seed germination and seedling emergence. University of Guam. Hort Science. Vol. 32(3), p 486.
- ESCOBEDO, C. A., 1996. Diseño de una estrategia para investigar sobre posibles soluciones para disminuir pérdidas de frondas de helecho hoja de cuero (*Rumohra adiantiformis* (G. Forst) Ching). Tesis de Ingeniería Agronómica, Zamorano, Honduras. Programa de Ingeniería Agronómica, Escuela Agrícola Panamericana. 78p.
- FASSBENDER, H. 1987. Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina. San José, Costa Rica: IICA, p 420.
- GUNNEROD, 1988.
- Citado por: Vargas, R. 1992. Estudio de factibilidad técnico financiero para la exportación de helecho hoja de cuero (*Rumohra adiantiformis* (G. Forst)Ching). Programa de Ingeniería Agronómica, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. 174 p.

HENLEY, R.W.; TJA, B.; LOADHOLTZ, L.L. 1981. Commercial Leatherleaf fern production in Florida. Florida. EE UU.

HOLT, T.; MAYNARD, B.K. 1997. The effect of substrate pH on the rooting of *Rhododendron* with subirrigation. University of Rhode Island. Hort Science Vol. 32(3): p 447.

ISLAM, A.; EDWARDS, D. G.; ASHER, C. J. 1980. pH optima for crop growth: Results of flowing solution culture experiment with six species. Plant and Soil, p 339 - 357.

Citado por: Fassbender, H. 1987. Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina. San José, Costa Rica: IICA, p 420.

JOHNSON, C.; HUMMEL, R. 1982. Influence of solution pH, Ammonium/nitrate ratio and micorrhizal fungus on growth of chrysanthemum. University of Florida. Hort Science Vol 17(3), p. 55.

LOADHOLTZ, L. L. 1978.

Citado por: Vargas, R. 1992. Estudio de factibilidad técnico financiero para la exportación de helecho hoja de cuero (*Rumohra adiantiformis* (G. Forst) Ching). Programa de Ingeniería Agronómica, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. 174 p.

LYTTLETON, T.; BUCKMAN, O. 1952. Edafología. Buenos Aires, Argentina, Acme Agency, p 479.

MAKUS, D.J. 1989. Aluminium accumulation in vegetable amaranth grown in a soil with adjusted pH values. United States Department of Agriculture. Hort Science Vol. 24(3), p 460.

PRIMAVESI, A. 1982. Manejo ecológico del suelo. Buenos Aires. Argentina. El Ateneo. 500 p.

SCARABOUGH, E. F. 1991. Recomendaciones en helechos hoja de cuero. Honduras.

Citado por: Escobedo, C. A., 1996. Diseño de una estrategia para investigar sobre posibles soluciones para disminuir pérdidas de frondas de helecho hoja de cuero (*Rumohra adiantiformis* (G. Forst) Ching). Tesis de Ingeniería Agronómica, Zamorano. Programa de Ingeniería Agronómica, Escuela Agrícola Panamericana. 78p.

- STOFFELLA, P.; LIPUCCI DIPAOLA, M.; PARDOSSI, A., TAGNONI, F. 1991. Rhizosphere pH influences early root morphology and development of bell peppers. *Universita Degli Studi di Pisa. Hort Science Vol. 26(2), p. 112-114.*
- VARGAS, R. 1992. Estudio de factibilidad técnico financiero para la exportación de helecho hoja de cuero (*Rumohra adiantiformis* (G. Forst)Ching). Programa de Ingeniería Agronómica, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. 174 p.