

Determinación de la causa y los factores que  
afectan la severidad del daño en raíz en lechuga  
hidropónica

**Rosa Emilia Raudales Banegas**

**ZAMORANO**

Ciencia y Producción Agropecuaria

diciembre, 2003

ZAMORANO  
CARRERA DE CIENCIA Y PRODUCCIÓN AGROPECUARIA

Determinación de la causa y los factores que  
afectan la severidad del daño en raíz en lechuga  
hidropónica

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

presentado por

**Rosa Emilia Raudales Banegas**

Honduras, diciembre, 2003

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

---

Rosa Emilia Raudales Banegas

Zamorano, Honduras  
diciembre, 2003

**Determinación de la causa y los factores que afectan la severidad del  
daño en raíz en lechuga hidropónica**

presentado por:

Rosa Emilia Raudales Banegas

Aprobada:

---

Phil Arneson, Ph.D.  
Asesor Principal  
Ciencia y Producción Agropecuaria

---

Alfredo Rueda, Ph. D.  
Coordinador del área de Fitotecnia

---

Carlos Gauggel, Ph.D.  
Asesor

---

Jorge Iván Restrepo, M.B.A.  
Coordinador Ciencia y Producción  
Agropecuaria

---

Gloria Arévalo de Gauggel, M. Sc.  
Asesora

---

Antonio Flores, Ph.D.  
Decano Académico

---

José María Miselem L., M.Sc.  
Asesor

---

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

---

Maria Mercedes Roca de Doyle, Ph.D.  
Asesora

## **DEDICATORIA**

Le dedico este trabajo a mi Papá, Mamá, Zoe, Carlos, Alejandro, Sara, Grecia y a la familia Raudales González y sucesores.

A Pedro Sánchez por portarse como un padre para mí.

## AGRADECIMIENTOS

A mis **Papás** por su apoyo y amor durante el corto caminar de la vida.

A **Zoe, Carlos, Alejandro y Sara** por ser el ejemplo que quiero seguir y por el amor que me dan.

A **la GRAN familia** Raudales González y **sucesores** por el amor y cariño que siempre nos han brindado.

A **Jorge Vásquez** por creer en mi.

A **Cristian Terrones** por ser el mejor amigo del mundo.

A **Jaime Gaviria** por su cariño y apoyo.

A **Johana Córdova** por aguantarnos una a la otra y por **TODO**.

A **Julio Rendón, Kenji Kuniyoshi y Santiago Saa** por su amistad, por siempre escucharme y animarme.

A **Pedro Sánchez** y familia por su cariño y entrega incondicional.

A **Yamile Martínez** por ser como es.

Al **Ing. José María Miselem** por su apoyo y confianza en todo momento.

Al **Dr. Phil Arneson, Dra. María Mercedes Doyle e Ing. Melissa Castillo** por abrirme las puertas cuando más lo necesitaba, por hacerlo de la manera en que lo hicieron y por el conocimiento brindado.

A los esposos **Gauggel** por todo el conocimiento, por su cordialidad y entrega.

Al **equipo técnico y administrativo de la ZECI** por su apoyo.

A todos **mis colegas** por darme momentos inolvidables.

A **Zamorano** por ser un lugar que me dio tanto.

¡A DIOS POR TODA LA FORTALEZA Y OPORTUNIDADES QUE ME HA DADO!

**AGRADECIMIENTOS A PATROCINADORES**

A mis Padres por su apoyo financiero.

A la Secretaría de Agricultura y Ganadería por el financiamiento parcial de mis estudios en Zamorano.

Al proyecto “Food for Progress” por el financiamiento parcial de mis estudios.

## RESUMEN

Raudales, Rosa Emilia. 2003. Determinación de la causa y los factores que afectan la severidad del daño en raíz en lechuga hidropónica. Proyecto Especial del Programa de Ingeniero Agrónomo, Zamorano, Honduras. 15p

Zamorano, en su búsqueda de innovación prueba diferentes sistemas de producción. En este caso decidió establecer un ensayo de lechuga hidropónica para evaluar dos soluciones nutritivas, una balsa de madera, una balsa a nivel del suelo y dos niveles de oxigenación. Sin embargo, inesperadamente se presentó en el ensayo una alta incidencia de plantas dañadas con síntomas de amarillamiento severo, marchitamiento generalizado, pudrición aérea y radicular y desuniformidad en la plantación. Por ende surgió la necesidad de identificar el patógeno causante del daño a través de los Postulados de Koch, e identificar las condiciones que incidían en la presencia y acción del patógeno y determinar las posibles fuentes de contaminación, para así poder recomendar maneras de prevenir el problema. El patógeno causante del daño fue *Pythium* sp., posiblemente fue introducido por suelo contaminado a los balsas de producción ubicadas en el suelo y diseminado a las demás por la regla de madera que se utilizó para oxigenar, ya que es un patógeno muy invasor. Una vez que el hongo invadió la zona de producción, hubo factores abióticos que contribuyeron para que éste causara un daño tan severo en la plantación. Estos factores están relacionados básicamente con estrés provocado a la planta como el cambio brusco de la solución nutritiva, la posible hipoxia causada por altas temperaturas ambientales y alta concentración de sales en el medio, los que fueron aprovechados por el hongo oportunista. Radica de esto la importancia de una oxigenación más frecuente e intensa, mantener constante el nivel de la solución nutritiva y manejar cualquier otro factor que provoque estrés a la planta. Todo esto debe estar acompañado de estrictas normas de higiene para mantener un sistema libre de fuentes de contaminación.

**Palabras claves:** Contaminación, estrés, higiene, hongo oportunista, oxigenación, *Pythium* sp.

---

Abelino Pitty Ph.D.

## CONTENIDO

Portadilla.....	i
Autoría.....	ii
Página de firmas.....	iii
Dedicatoria.....	iv
Agradecimientos.....	v
Agradecimientos a patrocinadores.....	vi
Resumen.....	vii
Contenido.....	viii
Índice de cuadros.....	xi
Índice de figuras.....	xii
Índice de anexos.....	xiii
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>2</b>
Objetivo general.....	2
Objetivos específicos.....	2
<b>MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>3</b>
UBICACIÓN Y ÁREA.....	3
CONTENEDORES.....	3
SOLUCIONES NUTRITIVAS.....	3
MATERIAL VEGETAL.....	4
OXIGENACIÓN.....	4
DISEÑO EXPERIMENTAL.....	4
POSTULADOS DE KOCH.....	5
Observación de síntomas relacionados con el daño por <i>Pythium</i> sp. ....	5
Aislamiento de patógenos en cultivos puros.....	6
Aislamiento de hongos de material vegetal.....	6
Aislamiento de bacterias de material vegetal.....	7
Inoculación de plantas.....	7
Reaislamiento de patógenos.....	7
DETERMINACIÓN DE FUENTES DE CONTAMINACIÓN.....	7
Patógenos del agua.....	7
<i>Pythium</i> sp. en el suelo.....	7
Patógenos del ambiente dentro del laboratorio.....	7
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>8</b>
INFRAESTRUCTURA.....	8
CONTENEDORES.....	8

INCIDENCIA Y SEVERIDAD .....	8
CAMBIO DE LA SOLUCIÓN NUTRTIVA .....	9
OXIGENACIÓN .....	10
TEMPERATURA .....	10
POSTULADOS DE KOCH .....	10
Aislamiento de patógenos .....	10
Inoculación de plantas.....	11
FUENTES DE CONTAMINACIÓN .....	12
<b>CONCLUSIONES</b> .....	13
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	14
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	15
<b>ANEXOS</b> .....	16

## ÍNDICE DE CUADROS

### Cuadro

1	Dosis de recomendación en partes por millón para lechuga para la preparación de solución nutritiva de macronutrientes de Schon (Benton Jones, 1997) y DICTA y micronutrientes elaborada por Hoagland y Arnon .....	4
2	Resultados de incidencia y severidad promedio en los diferentes tratamientos ..	9
3	Resultados de severidad promedio con relación a las diferentes variantes .....	9
4	Desarrollo de patógenos en el laboratorio en diferentes medios de cultivo y con diferente material para aislamiento .....	11
5	Resultados de las plantas de lechuga inoculadas en el laboratorio .....	12

## ÍNDICE DE FIGURAS

### Figura

- 1 Fotos de los rangos de severidad ..... 5
- 2 Daños observados en el campo y su comparación con una planta sana ..... 6

## ÍNDICE DE ANEXOS

### Anexo

1	Distanciamiento de cajones y plántulas .....	16
2	Análisis de agua de Zona 3 .....	17
3	Dosis de recomendación para lechuga para la preparación de una solución madre de macronutrientes formulada por DICTA .....	18
4	Fertilizantes y dosis utilizada para la preparación de la solución recomendada por Schon .....	18
5	Cuadro de salida de separación de medias por solución nutritiva para la variable incidencia. ....	18
6	Fluctuación de temperatura ambiente de julio, 2003 en Zamorano.....	19
7	Fluctuación de temperatura ambiente de agosto, 2003 en Zamorano.....	19

## INTRODUCCIÓN

Zamorano, específicamente la Zamoempresa de Cultivos Intensivos (ZECI), en busca de actualización tecnológica decidió realizar un ensayo en lechuga hidropónica en cultivo de agua en balsas o sistema flotante, que es por definición el auténtico cultivo hidropónico (Resh, 1997). Sin embargo, se encontraron con problemas en el desarrollo de las cabezas de dicho cultivo, mostrando coloración amarillenta del follaje, desarrollo pobre de raíces y desuniformidad de la plantación, seguido de una pudrición generalizada. Por ende obtuvieron bajos rendimientos y pérdidas económicas.

Considerando la hidroponía como un sistema de producción integral, se debe determinar puntos de control de suma importancia, iniciando con la solución nutritiva. Alarcón (2000) la define como una disolución acuosa con una determinada concentración de fertilizantes (nutrientes). El concepto es ampliado por Morgan (1998) ya que una solución nutritiva no es sólo una mezcla de fertilizantes y agua, en esta solución también se encuentran organismos y compuestos comúnmente encontrados en sistemas hidropónicos. La solución más utilizada en horticultura es la de Hoagland y Arnon elaborada en 1940 y para lechuga, Schon en 1994 desarrolló una solución ideal de macronutrientes (Benton Jones, 1997).

En sistemas de balsas sin recirculación, el crecimiento de la planta no es afectado cuando los niveles de solución nutritiva son bajos o se mantienen constantes. Sin embargo, asegura Kratky (1993) que un incremento en el nivel de la solución nutritiva puede causar severa marchitez en el cultivo y por ello recomienda mantener la misma solución nutritiva desde trasplante hasta la cosecha en lechuga hidropónica, para evitar cambios bruscos en la concentración de sales.

Otro punto de control para la solución nutritiva es la oxigenación o aireación del agua ya que tiene una influencia directa en el crecimiento de las raíces. La falta de oxígeno, hipoxia, en las raíces provoca daños severos y/o la muerte en la planta. Según Benton Jones (1997) la solubilidad de oxígeno en el agua está influenciada inversamente por la temperatura, a lo que Marfa y Guri (2001) agregan la relación inversa de la solubilidad de oxígeno con respecto a la concentración de sales. Cuando ocurren daños causados por condiciones anaeróbicas, patógenos oportunistas como *Pythium* sp. infectan la raíz y por lo tanto rápidamente destruyen la planta (Morgan, 1998).

La infección por *Pythium* sp. es un problema muy común en cultivos hortícolas y especialmente en sistemas hidropónicos en la producción de lechuga y tomate, ya que es un hongo que se desarrolla muy bien en el agua. Por esto los sistemas hidropónicos proveen un ambiente ideal para que se desarrolle y reproduzca. Así mismo las plantas pueden sobrevivir y desarrollarse con grandes cantidades de inóculo, ya que el hongo

solo causa daño a la raíz cuando ésta está dañada (Gunstone, 1998). Morgan (1998) afirma que el *Pythium* sp. es un hongo que casi siempre está presente en sistemas hidropónicos, generalmente introducido por los zapatos del trabajador, herramientas, a través de polvo, reservorios de agua contaminada, material vegetal infectado y/o semillas infectadas (Paulitz, 1997). Por ende es descrito como una infección secundaria a plantas dañadas abióticamente.

Las esporas de este hongo se encuentran naturalmente en agua, suelo, vegetación, aire y/o polvo, y por ello es muy difícil eliminar el inóculo de este patógeno (Morgan, 1998). Bajo las condiciones adecuadas para su desarrollo, cualquier planta es vulnerable a la infección por *Pythium* sp. Esto quiere decir que la incidencia y severidad que este patógeno cause está influenciado fuertemente por las condiciones en la rizósfera (Moorman, 1988).

Cuando se detecta alguna enfermedad que se sospecha es provocada por algún patógeno, ésta debe ser identificada en laboratorio y en el campo para mejorar su manejo. Una estrategia utilizada para la identificación de patógenos es el seguimiento de los Postulados de Koch. (García de la Rosa, 1994). Estos postulados sirven para confirmar que el patógeno aislado en el laboratorio es el que provoca la enfermedad.

Una vez identificada la causa de la enfermedad deben definirse métodos de control en la zona de producción. Específicamente para *Pythium* sp. el manejo principal es preventivo; el cual se enfatiza principalmente en medidas estrictas de higiene para evitar el ingreso del patógeno al sistema. Las medidas de higiene incluyen desinfección en todo el material, equipo y personal relacionado a la plantación, para mantener la zona de producción libre de fuentes potenciales de contaminación (Benton Jones, 1997). Una práctica muy recomendada es la desinfección del ambiente en los periodos de descanso, es decir, entre un ciclo de cultivo y otro (Paulitz, 1997).

## **OBJETIVOS**

### **General**

Identificar al patógeno principal que afecta un sistema hidropónico artesanal en la producción de lechuga.

### **Específicos**

- Aislar e identificar el patógeno principal de la lechuga.
- Confirmar por medio de los Postulados de Koch que el patógeno aislado es el que afecta al cultivo.
- Determinar posibles fuentes de contaminación al sistema.
- Determinar los factores principales que hacen la lechuga hidropónica más susceptible al patógeno.
- Desarrollar recomendaciones de manejo para disminuir la incidencia y severidad de los daños de raíz ocasionados por *Pythium* sp.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### UBICACIÓN Y ÁREA

El proyecto se realizó en Zamorano, Honduras; a 30 km de Tegucigalpa a una altura de 800 metros sobre el nivel del mar (msnm); donde hay una precipitación promedio anual de 1100 mm.

- El ensayo de lechuga hidropónica se realizó durante los meses de julio y agosto bajo el macrotúnel H ubicado en zona 3 de la Zamoempresa de Cultivos Intensivos (ZECI), con un área de 127.8 m<sup>2</sup>. Esta infraestructura proporcionó al cultivo exclusivamente protección contra lluvia ya que estaba cubierto únicamente el techo.
- El aislamiento de patógenos y la inoculación se realizó en el laboratorio de fitopatología de Zamorano.

### CONTENEDORES

Se utilizaron dos tipos de contenedores:

1. Cajón de madera, de 1.21 m x 1.21 m x 0.12 m de alto, con una capacidad de 0.18 m<sup>3</sup>/cajón (180 litros). Estos cajones tienen 4 soportes con una altura de 0.40 m para evitar contacto directo con el suelo.
2. Piscinas construidas en forma de huecos cuadrados en el suelo, con dimensiones similares a los descritos en los cajones de madera.

Ambos recipientes fueron forrados con plástico negro de 6 milésimas de pulgada de grosor de 1.50 m x 1.50 m. Como soporte para las plantas se utilizaron dos láminas de styrofoam por cada cajón. Cada lámina mide 1.21 m x 0.65 m x 0.04 m, entre ambas láminas habían 39 huecos de 0.04 m de diámetro. En los cuales se utilizó esponja de 0.07 m x 0.02 m por planta para que ésta se mantuviera sostenida. (Anexo 1)

### SOLUCIONES NUTRITIVAS

La solución nutritiva se preparó previo al trasplante, se utilizaron 120 litros de solución nutritiva por recipiente, la cuál se repuso totalmente 26 días pos trasplante debido a la evaporación de la misma. Se utilizaron dos soluciones (cuadro 1) la primera establecida por la Dirección de Ciencia y Tecnología Agropecuaria de Honduras (DICTA) (Anexo 2), en la cual no se toma en cuenta los aportes del agua, y la segunda solución elaborada con base en un previo análisis de agua (Anexo 3) y una

solución de macronutrientes recomendada por Schon para lechuga (Benton Jones, 1997)(Anexo 4). Para ambas soluciones se hizo el aporte de micronutrientes (cuadro 1) basándose en una solución compuesta según lo recomendado por Hoagland y Arnon para hortalizas (Benton Jones, 1997).

Cuadro 1. Dosis de recomendación en partes por millón para lechuga para la preparación de solución nutritiva de macronutrientes de Schon (Benton Jones, 1997) y DICTA y micronutrientes elaborada por Hoagland y Arnon

	mg/L (ppm)											
	Macronutrientes						Micronutrientes					
	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn
Schon	200	50	300	200	65							
DICTA	190	36	212	52	21	35						
Hoagland y Arnon	210	31	234	200	48		0.5	0.02	5.0	0.5	0.01	0.05

## MATERIALVEGETAL

En junio 2003, se sembraron 16 bandejas de 96 celdas de lechuga var *Ithaca*. Se trasplantaron 1248 plántulas a los 21 días después de la siembra a 16 cajones de madera y 16 recipientes de suelo. El trasplante de plántulas con pilón se realizó a láminas hidropónicas de styrofoam; en un sistema de tres bolillo con un distanciamiento de 0.20 m entre planta x 0.1732 m entre hilera y 1.62 m entre cama, sembradas en 7 hileras / cama, haciendo un total de 97,653 plantas /ha (Anexo 1).

## OXIGENACIÓN

Diariamente se realizó una oxigenación manual con una regla de madera de 0.30 m x 0.03 m x 0.03 m. La oxigenación se realizó en la mitad de los cajones con una distribución al azar. Esta práctica se realizaba por las tardes entre 3 y 5 pm, levantando una de las dos láminas de styrofoam y haciendo movimientos circulares con la regla. Se utilizó la misma regla en todos los tratamientos que contenían la variante oxigenación.

## DISEÑO EXPERIMENTAL

A nivel de campo se trabajó con un diseño de bloques completamente al azar (BCA), utilizando 39 plantas por cada tratamiento por cuatro repeticiones para cada uno para un total de 156 plantas para cada tratamiento, se utilizó un total de 1248 plantas para el ensayo.

Los tratamientos consistieron en dos tipos de recipientes los cuales interactuaron con dos diferentes soluciones nutritivas y con una oxigenación manual y otra sin oxigenación. De esta manera se obtiene un total de 8 tratamientos. Las demás prácticas como fecha de siembra, fecha de trasplante, la utilización del plástico negro de un grosor de 6 milésimas de pulgada y el uso de esponja fueron realizadas los mismos días y con los mismos materiales.

Los componentes de los tratamientos son: los recipientes, la oxigenación y las soluciones nutritivas. Los recipientes son los descritos anteriormente, el recipiente de madera y el recipiente en el suelo. Respecto a la oxigenación una variante consiste en oxigenar manualmente. Se realizó esta oxigenación de la solución nutritiva mediante agitación manual por movimientos circulares por 1.00 minuto diario entre 3 y 5 pm con una regla descrita anteriormente. La segunda variante fue sin oxigenación; en la cual no se le dio ningún tipo de oxigenación manual intencionada. Sin embargo, al levantar las láminas de styrofoam para observar la condición de la raíz y nivel de la solución nutritiva recibió cantidades mínimas de oxigenación. Finalmente las soluciones nutritivas utilizadas fueron la propuesta por DICTA y la de Schon para lechuga, para ambas soluciones se aplicó los micronutrientes según lo propuesto por Hoagland.

Para el análisis del diseño mencionado se utilizó el programa MINITAB con el cuál se realizó análisis de varianza (ANDEVA) con un grado de significancia de 0.1.

## LOS POSTULADOS DE KOCH

### 1. Observación de síntomas relacionados con el daño *Pythium* sp. en la plantación

Se observó que el daño estaba presente con una alta incidencia por cajón y en todos los cajones. Así mismo, se observó que la severidad variaba de plantas muertas a verdes normales. Por ello se determinó la incidencia y severidad por recipiente. Tres semanas pos trasplante se contaron las plantas dañadas por cajón para determinar así la incidencia de plantas afectadas. Igualmente se contaron las plantas dañadas por cajón en diferentes rangos de severidad: 0. Verde Normal, 1. Verde Anormal, 2. Bordes Amarillos y Centro Verde, 3 Totalmente Amarillo y 4. Muertas (Figura1).

0. Verde normal	1. Verde normal	2. Bordes amarillos, centro verde	3. Totalmente amarillo	4. Muertas
				

Figura 1. Fotos de los rangos de severidad.

Debido al daño drástico observado en la tercera semana de cultivo en el campo se prosiguió a tomar muestras para detectar el factor principal que había causado el daño (Figura 2).

Se tomaron muestras compuestas de material vegetativo cuatro semanas pos trasplante, para realizar análisis foliares de absorción de nutrientes. También se tomó muestra compuesta de la solución de DICTA, ya que ésta presentó mayor severidad en el daño foliar.

También se tomaron muestras de plantas completas para aislar los patógenos causantes del daño.

Se tomo una muestra compuesta del suelo bajo el macrotúnel para determinar si el agente causal de la enfermedad estaba presente.

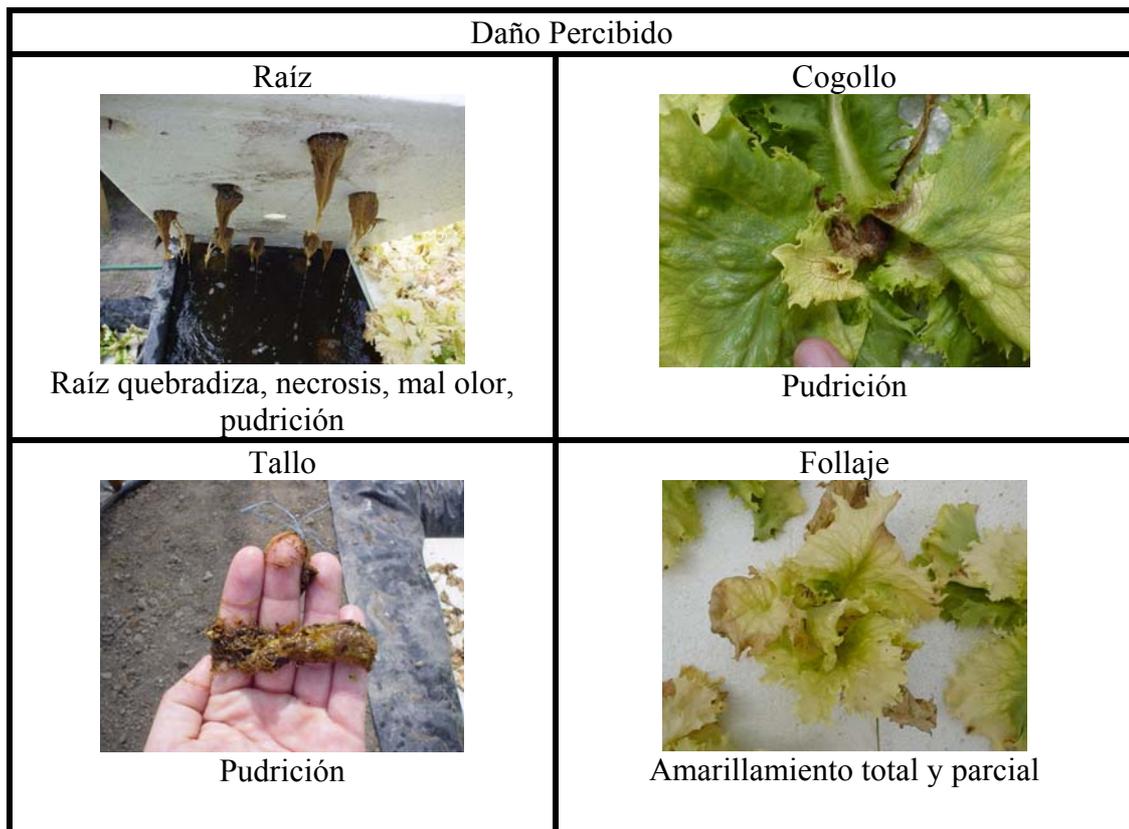


Figura 2. Daños observados en el campo y su comparación con una planta sana.

## 2. Aislamiento de patógenos en cultivos puros

**Aislamiento de bacterias de material vegetal** Para aislar bacterias se utilizaron tres platos de YDC (Yeast Dextrose Chalk). Para sembrar en este medio se realizó previamente el método de dilución para el cual se utilizó agua destilada y una porción intermedia del área más afectada y la menos afectada del tallo de la planta. Se realizaron tres aislamientos para obtener colonias puras al momento de inocular las plantas.

**Aislamiento de hongos de material vegetal** Se utilizó agar avena y agar agua como medio de cultivo. En ambos medios se pusieron cinco porciones de raíz. Se hicieron dos aislamientos del hongo para luego inocular las plantas. También se aisló *Pythium* sp. en PDA (Papa Dextrosa Agar). Para conservar la condición

patogénica del hongo, se colocó en un medio específico para *Pythium* sp. porciones de agar avena en los cuales había *Pythium* sp. claramente desarrollado. Éste medio consiste en 200 g de arena, 9 g de maíz triturado y 65 mL de agua destilada estéril; una vez mezclado se esterilizó en la autoclave.

### **3. Inoculación de plantas**

Para la inoculación de plantas se utilizaron cuatro recipientes plásticos, conteniendo diez litros de solución nutritiva cada uno. Se sembraron tres plántulas por recipiente colocadas en lámina de styrofoam. Los patógenos aislados previamente fueron diluidos con agua destilada estéril para realizar la inoculación.

La inoculación se realizó en el laboratorio de fitopatología cerca de una ventana que proporcionaba suficiente luz a las plantas. Se inoculó cada recipiente con patógenos diferentes; el primero con *Pythium* sp. diluyéndolo en la solución nutritiva, el segundo creándole una herida a la planta y aplicándole con un gotero la bacteria diluida, el tercero con ambos patógenos de la misma manera descrita anteriormente y el cuarto como testigo sin inoculación.

### **4. Reaislamiento de Patógenos**

Luego de la inoculación, las plantas presentaron los mismos síntomas que en el campo y por lo tanto se tomaron muestras similares a las descritas anteriormente para aislar patógenos utilizando los mismos tipos de medio de cultivo.

## **DETERMINACIÓN DE FUENTES DE CONTAMINACIÓN**

### **Patógenos del agua**

Se aislaron patógenos del agua, cultivando el agua en PDA. Se puso cantidad indeterminada de agua en el medio de cultivo.

### ***Pythium* sp. en el suelo**

Para confirmar la presencia de *Pythium* sp. en el suelo se colocó un gramo de suelo en 25 mL de agua destilada estéril y 20 semillas de lechuga. Este procedimiento se realizó en tres tubos de centrífuga de 50 mL. Tres días después se utilizaron cuatro platos petri con cornmeal agar en los cuales se colocaron cinco semillas de cada tubo por plato. Luego cuando se observó desarrollo del hongo rodeando las semillas en el medio se aisló en platos petri con agar avena.

### **Patógenos del ambiente dentro del laboratorio**

Se utilizó PDA para determinar la contaminación en el ambiente dejando el plato petri con el medio de cultivo destapado por dos minutos.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **INFRAESTRUCTURA**

La infraestructura bajo la cual se realizó el ensayo de campo únicamente tenía protección contra lluvia y estaba descubierta por los lados lo que representa un fácil acceso a cualquier tipo de organismo; estaba rodeada de maleza que no recibió ningún control durante el ciclo del cultivo lo que representa un hospedero para animales, entre ellos conejos de los cuales se encontró heces en los contenedores del suelo, y para diferentes patógenos. Además de estar ubicada en una zona de producción que atrae muchos organismos benéficos y dañinos que pueden ser causantes de enfermedades y/o vectores de patógenos. Todo lo mencionado anteriormente representa una fuente potencial de contaminación a un sistema tan desprotegido. Un sistema de producción de éste tipo requiere medidas de higiene muy estrictas en la cual se limite el acceso a organismos vivos, incluyendo humanos que no cumplan con los requerimientos sanitarios exigidos.

### **CONTENEDORES**

Aunque estadísticamente no hubo diferencia significativa en incidencia y severidad entre los diferentes recipientes utilizados hay consideraciones técnicas que deben ser tomadas en cuenta. Probablemente el contenedor utilizado en el suelo, en lugares donde la mano de obra es accesible en costo y cantidad, sea económicamente más factible con relación a un contenedor elaborado con materiales diferentes o fabricados comercialmente. Sin embargo, éste tipo de contenedor representa una mayor susceptibilidad a ser contaminado. En el caso específico del ensayo realizado en Zona 3 había mucho suelo contaminado suelto en los pasillos que al caminar por ahí salpicaba partículas al cajón; su ubicación a nivel del suelo da fácil acceso a animales terrestres a contaminar la solución y/o las plantas, de los cuales se pudo observar heces de conejos.

### **INCIDENCIA Y SEVERIDAD**

La plantación presentó un pobre crecimiento en el cual no formó cabezas comerciales. Esto se debió a la severa infección por *Pythium* sp. que las plantas adquirieron por la presencia del inóculo en el ambiente y por la vulnerabilidad que las plantas obtuvieron debido a estrés causado por una serie de factores abióticos. Los factores más importantes fueron el choque que creó el cambiar la solución nutritiva, la pobre oxigenación con que las plantas contaban, y altas temperaturas ambientales.

En cuanto a incidencia la única variante que presentó significancia fue la solución nutritiva; en la cual la propuesta por DICTA obtuvo el promedio más alto (Anexo

5). Así mismo se puede observar en el cuadro 5 que los promedios más altos en cuanto a severidad se presentaron en ésta misma solución nutritiva. Esto se debió a que los aportes de calcio, potasio y magnesio fueron mucho más bajos que la solución recomendada por Schon y que los rangos óptimos. Se conoce que el calcio en niveles adecuados genera fortaleza de la pared celular lo que crea una barrera física que impide el ataque de patógenos. Por otra parte el potasio genera turgencia en la célula lo cual también se traduce en resistencia al ataque de una enfermedad determinada y el magnesio es el principal constituyente de la clorofila (Benton Jones, 1997).

Por otro lado el desbalance N:K en la solución propuesta por DICTA genera crecimiento de follaje con mayor vulnerabilidad al ataque de patógenos.

Para la variable severidad ninguna de las variantes de los tratamientos (solución nutritiva, recipientes y con y sin oxigenación) presentó diferencia significativa (Cuadro 2 y 3). De lo que se puede concluir que el problema con los recipientes radica en la exposición que éstos puedan tener a patógenos; mientras que el hecho de que no haya diferencia entre oxigenar y no oxigenar indica que ambas soluciones estaban pobres en oxígeno ya que ambas presentaron la sintomatología provocada por hipoxia en las plantas.

Cuadro 2. Resultados de incidencia y severidad promedio en los diferentes tratamientos.

Tratamiento	Recipiente	Oxigenación	Solución Nutritiva	Incidencia Promedio	Severidad Promedio
1	De madera	Con	DICTA	38.75	3,21
2			Schon	38.75	2,17
3		Sin	DICTA	38.75	3,24
4			Schon	38.75	3,54
5	En el suelo	Con	DICTA	34.5	1,95
6			Schon	29	2,79
7		Sin	DICTA	33	1,72
8			Schon	31.5	2,36

Cuadro 3. Resultados de severidad promedio con relación a las diferentes variantes

Variantes	Severidad Promedio	Probabilidad con F
Recipientes de madera	4.88	0.706
Recipientes en el suelo	5.44	
Con oxigenación	4.92	0.733
Sin oxigenación	5.46	
Solución DICTA	5.97	0.274
Solución Schon	4.22	

## **CAMBIO DE LA SOLUCIÓN NUTRITIVA**

Al día siguiente de la reposición total de la solución nutritiva se observó un amarillamiento severo en la plantación. Éste resultó por un aumento en la salinidad por el cambio en la concentración de nutrientes. Lo que causó en la plantación vulnerabilidad a ser infectada por el hongo oportunista que encontró en las balsas un ambiente ideal para su desarrollo.

El daño causado por *Pythium* sp. se dio principalmente en la raíz, en la cual se observó crecimiento irregular seguido de coloración café en algunas raíces. Este daño en las raíces causó un efecto directo en la masa foliar del cultivo, en el cual se observó diferentes rangos de severidad. La infección en este caso fue de 90.7% de la población total sembrada. Los efectos en el cultivo fueron tan severos que apenas un 5.52% de la población tuvo un crecimiento normal en el cual se formaron cabezas comerciales.

Seguido del daño en las raíces se observó una pudrición en la parte central donde debió formarse la cabeza comercial de la lechuga y en las raíces. Esto se debe a una infección secundaria por bacterias distinguida al nivel de campo por el mal olor, consistencia acuosa y pudrición, confirmando esto en laboratorio.

Aunque las condiciones fueran las óptimas para la infección por el hongo, es la presencia del mismo que fue la primera causa del problema. Radicando aquí la importancia de mantener un ambiente libre de patógenos.

## **OXIGENACIÓN**

El sistema de oxigenación utilizado poseyó dos desventajas claramente observadas en el ensayo:

1. Por ser una práctica manual no ofrece una oxigenación homogénea que puede variar de suficiente a insuficiente. Puede llegar a causar hipoxia en las raíces y por ende vulnerabilidad a la planta a ser infectada por diferentes patógenos.
2. Es una herramienta con la cual se diseminan patógenos ya que se utiliza la misma regla para todos los recipientes oxigenados; reflejando ésto con una alta incidencia de plantas contaminadas.

## **TEMPERATURA**

La temperatura ambiente promedio en los meses de julio y agosto fue 23°C. Esta temperatura está en el rango óptimo (20-30°C) para provocar una disminución en la concentración de oxígeno en el agua. Por lo que es una posibilidad que esto haya ocurrido incidiendo directamente en marchitez en la planta (Anexo 6 y 7). Ésta creando en la planta susceptibilidad a ser infectada por *Pythium* sp severamente.

## POSTULADOS DE KOCH

### ▪ Aislamiento de Patógenos

De las muestras que se tomaron en el campo se observó en los aislamientos crecimiento de bacteria no identificada y *Pythium* sp. de especie no identificada (Cuadro 4). En el caso del *Pythium* identificar la especie no es de mucha aplicabilidad ya que la mayoría de ellas afectan a la lechuga con síntomas muy similares

Cuadro 4. Desarrollo de patógenos en el laboratorio en diferentes medios de cultivo y con diferente material para aislamiento.

	Medios de cultivo					
	Agar agua	Agar avena	YDC	PDA	Agua	Agar de maíz
Material Sembrado	Porciones de raíz	Porciones de Raíz	Zona intermedia de tallo dañado	Expuesto al ambiente del laboratorio	Agua	Semilla de lechuga expuesta al suelo del invernadero
Patógeno Observado	Ninguno	<i>Pythium</i> sp.	Bacteria	<i>Pythium</i> sp.	Ninguno	<i>Pythium</i> sp.

El desarrollo de *Pythium* sp. en las semillas de lechuga que estaban expuestas al suelo de zona tres es un indicador de la presencia del patógeno, *Pythium* sp., en el suelo y por ende se concluye que la contaminación inicial provino del suelo.

### ▪ Inoculación de plantas

La infección ocasionada por la inoculación presentó los síntomas que se observaron en el campo (cuadro 5). Los síntomas incluyeron severa marchitez, raíces quebradizas seguido de la muerte de las plantas. Así mismo, se observó la misma sintomatología en el testigo y la planta inoculada solamente por bacteria, indicando la fácil transmisión de *Pythium* sp. esto es confirmado con el desarrollo visible del patógeno en un plato petri con PDA que se dejó abierto para determinar la contaminación ambiental dentro del laboratorio y en el desarrollo de *Pythium* sp. en los aislamientos de todas las plantas.

Se observó que la última planta en presentar sintomatología fue la inoculada con bacteria y aún cuando ésta también se contaminó con *Pythium* sp. fue la que sobrevivió por más tiempo. Esto es un indicador de la competencia entre patógenos que se confirma con lo ocurrido en un plato petri con PDA en el cual se aisló bacterias y presentaba contaminación por *Pythium* sp.; en este plato el desarrollo del hongo fue más lento en comparación a platos petri en los cuales solo había *Pythium* sp., demostrando que fue inhibido por la presencia de bacterias en el medio. Mientras que las plantas inoculadas con *Pythium* sp. y bacteria y solo *Pythium* sp. tuvieron un desarrollo simultáneo.

Cuadro 5. Resultados de las plantas de lechuga inoculadas en laboratorio.

Patógeno Aislado	Síntomas	Tejido	Resultado de Aislamiento
Testigo (Sin inoculación)	Marchitez Hojas deshidratadas Raíz quebradiza Primera en mostrar síntomas Muerte	Raíz  Tallo	<i>Pythium</i> sp.  Ninguna
Bacteria	Marchitez Raíz quebradiza Amarillamiento en los bordes de las hojas Quemadura en una hoja Último en Morir	Raíz  Tallo	<i>Pythium</i> sp.  Bacteria
Bacteria+ <i>Pythium</i> sp.	Leve amarillamiento en los bordes de las hojas Hojas planchadas Marchitez Raíz quebradiza Segunda en morir	Raíz  Tallo	<i>Pythium</i> sp.  Bacteria
<i>Pythium</i> sp.	Hojas planchadas Marchitez Raíz quebradiza	Raíz  Tallo	<i>Pythium</i> sp.  Ninguno

### FUENTES DE CONTAMINACIÓN

Claramente se observó el desarrollo de *Pythium* sp. en el aislamiento de patógenos del suelo realizado en agar de maíz. Ésto confirma que la fuente de contaminación inicial al sistema proviene del suelo, seguido de la capacidad que tienen las esporas para mantenerse en el ambiente. Adicionado a esto el sistema de oxigenación utilizado con la regla de madera como medio para propagar el hongo por los recipientes que no habían sido infectados inicialmente.

## CONCLUSIONES

Por medio de los postulados de Koch se confirmó que el agente causal del daño en la plantación fue principalmente *Pythium* sp. El daño se observó como una severa infección en el sistema radicular de las plantas

*Pythium* sp. es un hongo oportunista que casi siempre está presente en sistemas hidropónicos donde encuentran el ambiente ideal para su desarrollo; sin embargo, es el ambiente y sus efectos los que inciden en la severidad e incidencia causada por el patógeno en las plantaciones.

Las altas temperaturas y la cantidad de sales fertilizantes presentes en la solución tienen un efecto inverso en la concentración de oxígeno en el agua; por lo tanto estos factores exigen del sistema hidropónico de Zamorano un sistema de oxigenación más intenso, más frecuente y más prologando.

Por ser el sistema hidropónico de Zamorano un sistema hidropónico de categoría artesanal y rústico implica alta susceptibilidad a contaminación por lo que exige mayor cuidado en su manejo en comparación a uno mecánicamente mejorado.

En cuanto a incidencia la única variante que tuvo significancia en los tratamientos fue la solución nutritiva, siendo la de DICTA la que presentó el mayor promedio posiblemente debido a que la solución presenta menor concentración de potasio, calcio y magnesio, que son elementos que mejoran la resistencia al ataque de enfermedades.

La solución nutritiva a utilizar en un sistema hidropónico es un pilar fundamental en la producción, por ello debe considerarse que su composición sea adecuada para el cultivo, que su oxigenación sea frecuente e intensa, que el nivel de la misma se mantenga constante a través del ciclo de cultivo y que ésta se mantenga en condiciones sanitarias adecuadas.

El suelo es la principal fuente de contaminación. El inóculo está presente en el ambiente y aire por lo que se facilita su diseminación; adicionando a esto el sistema de oxigenación utilizado contribuyó a diseminar el patógeno a cajones libres de *Pythium* sp.

El manejo ideal para éste patógeno es la prevención que se basa en un sistema de higiene muy estricto.

## RECOMENDACIONES

Los sistemas hidropónicos, incluyendo los artesanales, requieren de un estricto sistema de prácticas de higiene para evitar la contaminación por patógenos. Estas prácticas incluyen: utilización de semilla de alta calidad con fungicida, uso de biofungicidas como *Trichoderma* en el semillero, realizar una limpieza con cloro y solarización a todo el material y equipo entre ciclos de cultivo, desinfección del personal en los zapatos de trabajo y manos, utilización de guantes plásticos, desinfección de manos entre la oxigenación de cada cajón y no permitir el acceso a personas que han estado en otras zonas de producción.

No utilizar balsas de producción al nivel del suelo ya que están más expuestas a ser contaminadas por salpicaduras de suelo, material contaminado y entrada de organismos terrestres.

Realizar oxigenación más intensa con implementos desinfectados. La duración y frecuencia debe evaluarse.

Realizar un ensayo de lechuga hidropónica en el sistema de balsas para evaluar tiempos y métodos óptimos de oxigenación.

Al implantar un cultivo hidropónico de lechuga usar la solución nutritiva recomendada por Schon y no la de DICTA.

Determinar mediante un estudio como debe hacerse la sustitución de la solución hidropónica, a fin de no generar altas concentraciones de iones que causen salinidad y estrés a las raíces.

## BIBLIOGRAFÍA

**Alarcón, A.** 2000. Tecnología para Cultivos de Alto Rendimiento. Murcia, ES. Novedades Agrícolas 2000. 459 p.

**Benton Jones, J.** 1997. Hydroponics: A Practical Guide for the Soilless Grower. FL, US. CRC Press LLC. 230 p.

**Conferencia de Los Postulados de Koch.** 1994, Universidad Autónoma de Chapingo).1994. García de la Rosa, J. Veracruz, MX. División Agrícola PFIZER. 4 p.

**Gunstone, G.** 1998. Pythium. (en línea). E.U. Consultado 2 Sept. 2003. Disponible en [http://www.growthtechnology.com/articles/pythium\\_art.htm](http://www.growthtechnology.com/articles/pythium_art.htm)

**Kratky, B.** 1993. A Capillary, Noncirculating Hydroponic Method for Leaf and Semihead Lettuce. Hortechology. 3 (2): 206-207

**Marfa, O. Guri, S.** 2001. Efecto de la Aplicación de Oxígeno en el agua de Riego en Cultivos Sin Suelo. Agrícola Vergel. 11(239): 593 -596.

**Moorman, G.** 1988. Biology of Root Rot. (en línea). Pennsylvania, EU. Consultado 04 Sept. 2003. Disponible en: <http://www.endowment.org/projects/1996/moorman.html>

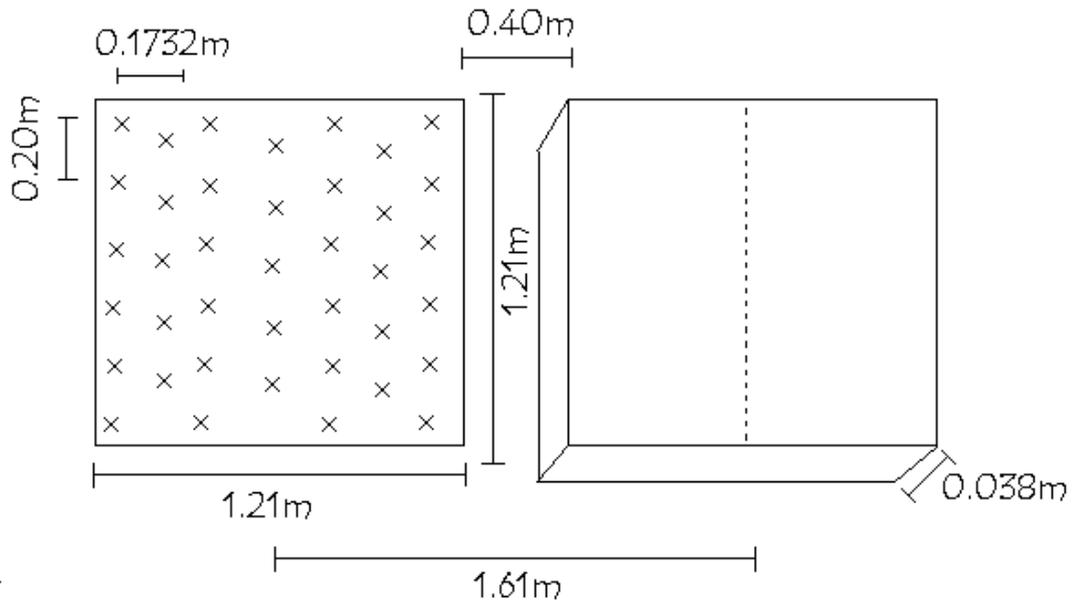
**Morgan, L.** 1998. Nutrient temperature, Oxygen and Pythium in Hydroponics. (en línea).EU. Consultado 2 Sept. 2003. Disponible en: [http://www.hydomall.com/grower/pythium\\_in\\_hydroponics.html](http://www.hydomall.com/grower/pythium_in_hydroponics.html)

**Paulitz, T.C.** 1997. Biological Control for Root Pathogens in Soilless and Hydroponic Systems. Hortscience. 32 (2): 193-195

**Resh, H. M.** 1997. Cultivos Hidropónicos. 4 Ed. Madrid, ES. Mundi-Prensa Libros, s.a. 509 p.

## ANEXOS

### Anexo 1. Distanciamiento de cajones y plántulas.



### Anexo 2. Dosis de recomendación para lechuga para la preparación de una solución madre de macronutrientes formulada por DICTA.

Solución A <sup>1</sup>		Solución B <sup>2</sup>	
Fertilizante	g/10 Litros de agua	Fertilizante	g/ 5 Litros de agua
Nitrato de potasio	1100	Sulfato de Magnesio	550
Nitrato de amonio	350		
Fosfato monoamónico	270		
Nitrato de calcio	550		

<sup>1</sup>Aplicar 5 cc de ésta solución por cada litro de agua para la solución final

<sup>2</sup>Aplicar 2 cc de ésta solución por cada litro de agua para la solución final

Fuente: DICTA

## Anexo 3. Copia de Análisis de Agua de Zona 3

**ZAMORANO**  
CARRERA DE CIENCIA Y PRODUCCION AGROPECUARIA  
LABORATORIO DE SUELOS

RESULTADO DE ANALISIS DE AGUA

11 de abril de 2003

Solicitante: Enrique Lardizabal

# lab. 869

Muestra: Agua Laguna zona 3

CATIONES	mg/L	meq/L
Calcio	32.96	1.60
Magnesio	4.01	0.33
Potasio	10.01	0.25
Sodio	28.52	1.24
Boro	0.00	0.00
NH4+	2.7	0.15
Suma	77.3	3.57
Relación C.E. /suma de cationes: 101.4		

ANIONES	mg/L	meq/L
Cloruros	21.27	0.60
Sulfatos	95.09	1.98
Carbonatos	0.00	0.00
Bicarbonatos	61.00	1.00
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0.062	0.01
Suma	177.43	3.59
Relación C.E. /suma de aniones: 101		

Interpretación de resultados

pH .....	7.81 Alcaliño
C.E.....	362 $\mu$ mhos/cm. No hay problema de salinización.
Sales totales (mg/L) .....	231.7
Presión osmótica (atm.) .....	0.13
SAR .....	1.26 Sin riesgo de alcalinización.
SAR ajustado .....	3.28
Grados Hidrotimétricos Franceses .....	9.66 Agua dulce.
Normas Riverside, Blasco, Rubia .....	C2 S1 Salinidad media, solo se resentirán los cultivos muy sensibles, puede emplearse Con cierta tolerancia en suelos con buen drenaje
Fitotoxicidad por boro .....	Aguas con bajo contenido en sodio, su uso no presenta problemas, solo en algunos frutales muy sensibles.
Fitotoxicidad por cloro .....	No hay problema.
Fitotoxicidad por sodio .....	No hay problema. Sin problema en riego por aspersión.

Responsable:

  
Ing. Hilda Flores

**Anexo 4.** Fertilizantes y dosis utilizada para la preparación de la solución recomendada por Schon

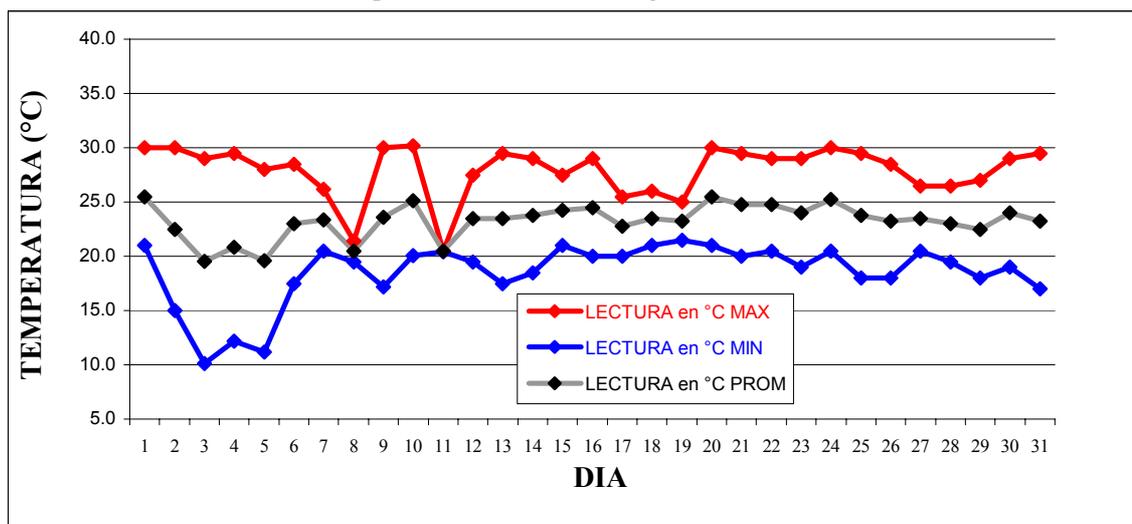
Fertilizante	mg/L
Nitrato de Calcio[Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ]	758.39
Cloruro de Potasio [KCl]	544.29
Fosfato Monoamónico(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	169.05
Nitrato de Amonio [NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> ]	195.77
	mL/L
Sulfato de Magnesio[Mg SO <sub>4</sub> (liquido)]	0.25
Foliar Plus NPK15.8.6	0.03

**Anexo 5.** Cuadro de salida de separación de medias por solución nutritiva para la variable incidencia.

SNK Grouping*	Mean	N	SOLUC
A	38.765	17	DICTA
B	31.600	15	SCHON

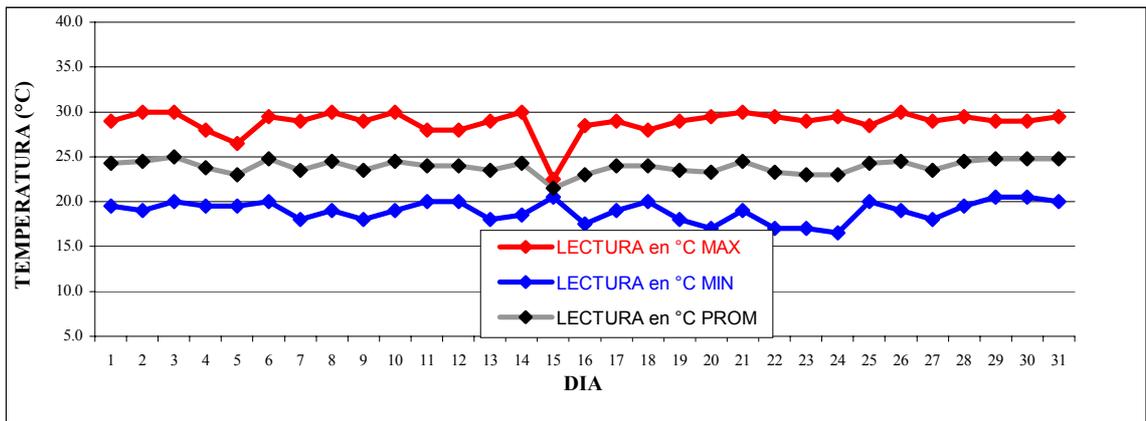
\* Means with the same letter are not significantly different.

**Anexo 6.** Fluctuación de temperatura ambiente de julio, 2003 en Zamorano



Fuente: ZESA ( Zamoempresa de Servicios Agrícolas)

**Anexo 7.** Fluctuación de temperatura ambiente de agosto, 2003 en Zamorano.



Fuente: ZESA ( Zamoempresa de Servicios Agrícolas)