

**ZAMORANO**  
**CARRERA DE CIENCIA Y PRODUCCIÓN AGROPECUARIA**

**Factores bióticos y abióticos que afectan al cultivo  
de papaya (*Carica papaya* L.) en Honduras.**

**Tamara Rosela Recinos Jones**

HONDURAS  
Noviembre, 2005

**ZAMORANO**  
**CARRERA DE CIENCIA Y PRODUCCIÓN AGROPECUARIA**

**Factores bióticos y abióticos que afectan al cultivo  
de papaya (*Carica papaya* L.) en Honduras.**

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

Presentado por:

**Tamara Rosela Recinos Jones**

HONDURAS  
Noviembre, 2005

La autora 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.

---

**Tamara Rosela Recinos Jones**

HONDURAS  
Noviembre, 2005

# **Factores bióticos y abióticos que afectan al cultivo de papaya (*Carica papaya* L.) en Honduras.**

Presentado por:

Tamara Rosela Recinos Jones

Aprobada por:

---

Maria Mercedes Roca, Ph.D.  
Asesora Principal

---

Abelino Pitty, Ph. D.  
Director Interino, Carrera de Ciencia  
y Producción Agropecuaria

---

Alfredo Rueda, Ph. D.  
Asesor

---

George Pilz, Ph. D.  
Decano Académico

---

Gloria Arévalo de Gauggel, M.Sc.  
Asesora

---

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

---

Abelino Pitty, Ph. D.  
Coordinador, Área Temática, Fitotecnia

## **DEDICATORIA**

A DIOS todo poderoso por haberme concedido una segunda oportunidad, por acompañarme siempre en todos mis esfuerzos y por bendecirme con la fuerza suficiente para lograr mis objetivos.

A mi mamá y mis hermanos por creer en mí, por todo el apoyo que siempre me dan aunque sea de lejos y por no quejarse de mis vacaciones cortas.

A mi padre quien es el hombre más fuerte que conozco, por heredarme su perseverancia, optimismo y fe en todo.

En especial a mi padrastro, (Ingeniero de la clase '78), por ser mi inspiración y la razón de mi estadía en esta institución.

A los beliceños que hacen un esfuerzo tremendo por trabajar la tierra y sembrar los cultivos que todavía hacen o harán que la agricultura sigue siendo el pilar de la economía y desarrollo de Belize.

A los agricultores hondureños que cultivan o que están interesados en cultivar papaya a pequeña o grande escala. Este trabajo es para ustedes, para ayudarles hacia el desarrollo de una industria productiva y exitosa que conllevara a una mejor Honduras.

## AGRADECIMIENTOS

Gracias a mis asesores por tener paciencia y por la fe y esperanza que depositaron en mí durante la realización de este estudio.

Al Ingeniero Raúl Rodas, que ayudó a establecer los parámetros de este estudio y por brindarme su apoyo y la provisión de material de literatura.

Agradezco el apoyo de los ingenieros de SENASA por ayudarme con la logística de transporte en Comayagua. Sin ustedes, nunca hubiera podido terminar este estudio en el tiempo establecido y con éxito.

Agradezco al Ingeniero Orlando Yanes y a su familia por abrirme su casa, confiar en mi capacidad para llevar a cabo este estudio y la contribución profesional, financiera y personal que me extendieron.

Gracias a Doña Maria Escoto por el apoyo y amabilidad con la que siempre me encontraba en su finca y por aportar su finca para la realización de este estudio.

Gracias a Diana Núñez y a su familia por haber sido una familia para mí aquí en Honduras. Gracias por las conversaciones, los consejos y los ánimos que siempre me han brindado.

Agradezco a Lulu y a su familia por el apoyo y cariño que me han dado durante mi estadía en Honduras, a decir la verdad, no se que hubiera hecho sin ustedes.

Gracias a Glenda y Suyapita por ser tan lindas y siempre recibirme con una sonrisa que me alegraba el día.

Agradezco a Karla Pérez, por ser una linda amiga, por su apoyo incondicional en momentos difíciles y por siempre estar dispuesta a ayudar sin juzgar a los demás.

A Manu, Coca y Ramos por haberme brindado su amistad, que siempre llevare en mi corazón.

A Grace Morrison, Paola Flores, Julia Calderón, Juan José Marroquín, Reyna Zavala y Sara Samudio, por haber iluminado mis días en Zamorano y por hacer más amena mi estadía en Honduras.

### **AGRADECIMIENTO A PATROCINADORES**

Agradezco al Ministerio de Educación y Deportes de Belize, quien fue el patrocinador de mis estudios en el Programa de Ingeniero Agrónomo, por haber confiado en mí y en mi capacidad para culminar mis estudios con éxito.

## RESUMEN

Recinos, Tamara. 2005. Factores bióticos y abióticos que afectan al cultivo de papaya (*Carica papaya* L.) en Honduras. Proyecto Especial del Programa de Ingeniero Agrónomo, Zamorano, Honduras. 67 p.

Históricamente, la producción de papaya en Honduras no ha sido exitosa, con la excepción de una reciente producción de papaya orgánica (una manzana) en Zamorano (2005). Ya que el cultivo de la papaya es una interesante iniciativa de desarrollo agroindustrial como cultivo no tradicional y para mercados nichos de productos orgánicos, este estudio continuó con estudios previos para identificar las principales limitantes bióticas y abióticas en la producción de papaya en Honduras. En el 2000, se establecieron 15 fincas de papaya en Comayagua, fomentadas por un proyecto de VIFINEX/OIRSA, que fueron fuertemente afectadas por posibles enfermedades virales y de etiología desconocida. En el 2005, solamente existen 4 fincas de papaya, resultando en una reducción del 73%. Para este estudio, se tomaron datos y se recolectaron 38 muestras de las pocas fincas remanentes en Honduras provenientes de tres departamentos: Francisco Morazán, Comayagua y Cortés, en las fincas de Zamorano, Comayagua y La Sabana respectivamente. Para el diagnóstico molecular de posibles enfermedades causadas por fitoplasmas y rickettsias, se utilizó la técnica de PCR. Para estudiar los factores abióticos, se realizó una caracterización física y química del suelo y análisis foliares. No se observaron los síntomas de la enfermedad “punta de lápiz” de etiología desconocida reportada en el 2000; tampoco se encontraron síntomas del Virus de la Mancha Anular de la Papaya (Papaya Ringspot Virus) ni de la enfermedad conocida como el cogollo arpeollado (Papaya Bunchy Top) causado por una *rickettsia*. No se realizó un análisis serológico para el Virus del Mosaico de la Papaya (Papaya Mosaic Virus), reportado en Comayagua en el 2004. Los análisis moleculares para detectar la presencia de fitoplasmas y *rickettsia*, resultaron negativos, pero pueden ser falsos negativos ya que no fue posible optimizar un método eficiente de extracción de ADN para este cultivo. No se observaron infecciones bacterianas ni de hongos con la excepción de *Phytophthora palmivora*, que fue encontrada en las raíces de 10 de las 30 plantas que presentaban síntomas. Se detectaron problemas con nemátodos de los géneros *Meloidogyne*, *Pratylenchus* y *Rotylenchulus* y las plagas insectiles asociadas a las fincas eran: tortuguilla, gallina ciega, mosca de la fruta, gusano cachudo, mosca blanca del papayo, saltahojas del papayo, cochinilla de la papaya, trips, acaro plano rojo y blanco y la arañita roja. El análisis de suelo reveló una deficiencia en la condición adecuada de nutrientes que requiere el cultivo: Zamorano (deficiencia moderada), Comayagua (deficiencia leve) y La Sabana (deficiencia severa). En conclusión, la producción de papaya no orgánica en Honduras está siendo afectada en principalmente por plagas y deficiencias nutricionales y no por otros factores bióticos encontrados en estudios anteriores.

Palabras claves: Fitoplasma, *Meloidogyne*, Papaya Bunchy Top, Papaya Mosaic Virus, Papaya Ringspot Virus, PCR, *Pratylenchus*, “Punta de lápiz”, *Rickettsia*, *Rotylenchulus*



## CONTENIDO

Portada.....	i
Portadilla.....	ii
Autoría.....	iii
Página de Firmas.....	iv
Dedicatoria.....	v
Agradecimientos.....	vi
Agradecimiento a patrocinadores.....	vii
Resumen.....	viii
Contenido.....	ix
Índice de cuadros.....	xi
Índice de figuras.....	xii
Índice de anexos.....	xiii
<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>2. OBJETIVOS.....</b>	<b>4</b>
2.1 Objetivo general.....	4
2.2 Objetivos específicos.....	4
<b>3. REVISIÓN DE LITERATURA.....</b>	<b>5</b>
3.1 Generalidades del cultivo.....	5
3.2 Mercado mundial.....	6
3.3 Principales enfermedades y plagas.....	8
3.4 Inventario fotográfico de enfermedades y plagas.....	11
3.5 Deficiencia de nutrientes.....	14
<b>4. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>16</b>
4.1 Contexto general.....	16
4.2 Evaluación de campo.....	16
4.3 Sistemas de producción.....	16
4.4 Recolección de muestras.....	17
4.5 Diagnóstico molecular.....	18
4.5.1 Optimización del protocolo de extracción de ADN.....	18
4.5.2 Nomenclatura de las muestras.....	19
4.5.3 Cuantificación de ADN.....	19
4.5.4 PCR (Polymerase Chain Reaction) para fitoplasmas y rickettsias.....	19
4.5.5 Electroforesis horizontal.....	21
4.6 Nematología.....	21
4.7 Análisis de suelos.....	21
4.7.1 Análisis físico del suelo.....	21

4.7.2	Análisis químico del suelo.....	21
4.7.3	Análisis foliar .....	22
5.	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	23
5.1	Sintomatología observada .....	23
5.2	Muestreo de insectos .....	25
5.3	Inventario fotográfico de insectos .....	26
5.4	Análisis de nemátodos.....	28
5.5	Análisis físico del suelo.....	28
5.6	Análisis químico del suelo.....	30
5.7	Análisis foliar .....	31
5.8	Diagnóstico de la biodisponibilidad de nutrientes.....	33
5.9	PCR para fitoplasmas .....	34
5.10	PCR para Papaya Bunchy Top .....	34
6.	<b>CONCLUSIONES</b> .....	35
7.	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	36
8.	<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	37
9.	<b>ANEXOS</b> .....	39

**ÍNDICE DE CUADROS**

Cuadro 1. Principales países productores de papaya en el mundo, 2004 .....	7
Cuadro 2. Principales exportadores de papaya en el mundo, 2002 .....	7
Cuadro 3. Principales plagas y enfermedades reportadas para papaya en Honduras.....	9
Cuadro 4. Síntomas de deficiencia nutricional en la papaya.....	15
Cuadro 5. Nomenclatura de las muestras recolectadas .....	19
Cuadro 6. Primers universales utilizados para la detección de fitoplasmas .....	20
Cuadro 7. Primers utilizados en la detección de Papaya Bunchy Top .....	20
Cuadro 8. Incidencia de enfermedades en las tres fincas estudiadas .....	25
Cuadro 9. Incidencia de plagas en las tres fincas estudiadas .....	27
Cuadro 10. Nemátodos encontrados en muestras de suelo de las tres fincas .....	28
Cuadro 11. Propiedades morfológicas de los suelos en las tres fincas estudiadas.....	29
Cuadro 12. Condiciones de macro elementos en suelos de las tres fincas estudiadas.....	30
Cuadro 13. Condiciones de micro elementos en suelos de las tres fincas estudiadas.....	30
Cuadro 14. Interpretación de los análisis de suelos para las tres fincas .....	31
Cuadro 15 Requerimientos de nutrimentos a nivel de pecíolos.....	32
Cuadro 16 Resultados del análisis foliar para las tres fincas estudiadas.....	32
Cuadro 17 Interpretación de los análisis foliares para las tres fincas.....	33
Cuadro 18. Condición de factores abióticos en las tres fincas .....	33
Cuadro 19. Biodisponibilidad de nutrientes para las tres fincas estudiadas.....	34

## ÍNDICE DE FIGURAS

1. Flor masculina, femenina y hermafrodita de la papaya.....	6
2. Mildeu polvoriento ( <i>Oidium caricae</i> Noack).....	11
3. Pudrición de raíces y tallo ( <i>Phytophthora palmivora</i> ).....	11
4. Antracnosis ( <i>Colletotrichum gloesporioides</i> ).....	12
5. Virus de la Mancha Anular de la Papaya ( <i>Potyvirus</i> ).....	12
6. Virus del Mosaico de la Papaya ( <i>Potexvirus</i> ).....	12
7. Virus de la Necrosis Apical de la Papaya ( <i>Rhabdovirus</i> ).....	12
8. Cogollo arrepollado ( <i>Rickettsia</i> ).....	12
9. Punta de Lápiz (Etiología desconocida).....	12
10. Picudo del Cocotero ( <i>Rhyncophorus palmarum</i> ).....	12
11. Tortuguilla ( <i>Diabrotica balteata</i> ).....	12
12. Mosca de la fruta ( <i>Toxotrypana curvicauda</i> ).....	12
13. Mosca blanca del papayo ( <i>Trialeuroides variabilis</i> ).....	13
14. Áfidos ( <i>Myzus persicae</i> ).....	13
15. Saltahojas del Papayo ( <i>Empoasca stevensi</i> ).....	13
16. Cochinilla del Papayo ( <i>Paracoccus marginatus</i> ).....	13
17. Trips ( <i>Thrips tabaci</i> ).....	13
18. Arañita roja ( <i>Tetranychus urticae</i> ).....	13
19. Nemátodo nodulador ( <i>Meloidogyne hapla</i> ).....	13
20. Nemátodo reniforme ( <i>Rotylenchulus reniformis</i> ).....	13
21. Hojas deformadas y amarillentas.....	23
22. Agujeros en la hoja.....	23
23. Muerte apical.....	23
24. Fumagina ( <i>Capnodium</i> sp.) en hojas.....	23
25. Fumagina ( <i>Capnodium</i> sp.) en fruto y tallo.....	23
26. Pudrición fibroso en raíces.....	23
27. Fruta carpeloide.....	24
28. Clorosis en la punta de las hojas.....	24
29. Quemaduras en el fruto.....	24
30. Hojas deformadas.....	24
31. Raíces dobladas hacia arriba.....	24
32. Gallina ciega ( <i>Phyllophaga</i> sp.).....	26
33. Inmaduros y puparios de mosca blanca del papayo.....	26
34. Inmaduros de trips.....	26
35. Gusano cachudo ( <i>Manduca sexta</i> ).....	26
36. Ácaro plano, rojo y blanco ( <i>Brevipalpus phoenicis</i> ).....	27
37. Inmaduro de coccinélidos.....	26
38. Inmaduro de crisopa.....	26

**ÍNDICE DE ANEXOS**

Anexo 1. Efecto de micorrizas vesículo – arbusculares en papaya.....	39
Anexo 2: Protocolo para la extracción de ADN.....	44
Anexo 3: Protocolo para cuantificar ADN.....	47
Anexo 4: Cálculos para amplificación de ADN.....	48
Anexo 5: Protocolo para restituir primers.....	49
Anexo 6: Reactivos para electroforesis.....	50
Anexo 7: Protocolo para tinción de geles.....	51
Anexo 8: Protocolo de extracción de nemátodos.....	52
Anexo 9. Imágenes de calicatas.....	53

## 1. INTRODUCCIÓN

La papaya es un frutal originario del sur de México y Centroamérica. Es considerada uno de los frutales alternativos más importante del trópico. La fruta fresca contiene alrededor de 85% de agua, 10-13% de azúcar, 0.6% de proteínas y se le conoce una concentración alta de las vitaminas A, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> y C (Samson 1991).

Este cultivo tiene mucha importancia tanto en la industria alimenticia como en la farmacéutica. Los tallos y hojas tienen concentraciones pequeñas de carpaína, un alcaloide estimulante del ritmo cardíaco. También es fuente de papaína, un enzima proteolítica que se utiliza como ablandador de carne y como remedio para problemas digestivos (Infoagro 2004).

Una de las ventajas de este frutal, es que se cultiva con facilidad desde las semillas y es utilizada de varias maneras, por la cual su demanda ha ido en aumento sobrepasando los 7.3 millones de toneladas métricas en 2004 (FAO 2005). Los tres productores más grandes a nivel mundial de este cultivo son Brasil, México y Nigeria (NASS 2005).

Se han reportado varias enfermedades de la papaya en las Américas incluyendo virus, fitoplasmas, rickettsias (Davis *et al.* 1997) y algunas todavía de etiología desconocida (Chiriboga 2000). Generalmente, estas enfermedades ocurren en complejos, en donde una sola planta puede ser afectada por varios patógenos. La sintomatología de las enfermedades es muy variable y no permite realizar un diagnóstico visual confiable. Los patógenos, como virus y fitoplasmas, deben identificarse con técnicas disponibles (como la microscopía electrónica) o costosas (como las serológicas y moleculares) y a menudo el análisis debe ser reducido a un grupo pequeño y específico de patógenos.

En Honduras se han reportado cuantiosas pérdidas en plantaciones de papaya que exhiben síntomas que no entran dentro de los patrones ya reportados. Uno de estos síntomas es la “punta de lápiz” de etiología desconocida. Sin embargo, por comparación de la sintomatología, con estudios reportados en congresos, se sospecha que esta enfermedad puede ser causada por un fitoplasma o un virus no reportado (Roca 2005<sup>1</sup>). Cabe mencionar que el diagnóstico molecular de una nueva enfermedad causada por fitoplasmas en papaya es dificultoso, ya que la extracción del ADN requerido para la prueba se dificulta por el alto contenido de látex en el tejido vegetal. La enfermedad conocida como Papaya Bunchy Top (PBT) o cogollo arrepollado, fue reportada en Honduras (Chiriboga 2000) pero no es la enfermedad asociada con la “punta de lápiz”.

<sup>1</sup> Roca, M. M. 2005. Agente causal de la “punta de lápiz”, enfermedad de etiología desconocida. Comunicación personal. El Zamorano. Honduras.

La producción de papaya en Honduras no ha tenido el éxito deseado, con la excepción de una reciente producción orgánica en Zamorano (una manzana) en el 2005 (Jaco y Ávila sin publicar). En el 2003, se establecieron plantaciones extensas de papaya en el valle de Comayagua destinadas a la exportación, impulsados por proyectos de fomento a exportaciones no tradicionales. Hoy en día, esas plantaciones no existen ya que fueron afectadas por factores bióticos y abióticos. Según algunos productores, el problema principal fue el manejo y los problemas fitosanitarios de las plantaciones. Las prácticas de manejo integrado de cultivo para papaya no estaban bien establecidas y debido a la aparición de un complejo de enfermedades virales y posibles fitoplasmas hubo una reducción significativa en la productividad (Chiriboga 2000).

Estudios realizados por Davis *et al* (1996), han establecido que la enfermedad del Bunchy Top está asociada con una bacteria “fastidiosa” del genero *Rickettsia*. La sintomatología general muestra plantas con la copa en forma de sombrilla, al hacer heridas no fluye látex, hojas nuevas con tamaño reducido y textura firme y frutas pequeñas o inmaduras (Chiriboga 2000). Se ha reportado que los vectores que transmiten la bacteria “fastidiosa” son especies de saltahojas del genero *Empoasca* (Davis *et al.* 1997).

El único virus de papaya identificado con pruebas confiables de diagnóstico en Honduras, ha sido reportado por Elvir en el 2004. Elvir encontró el Virus del Mosaico de la Papaya (Papaya Mosaic Virus) en seis de las 15 fincas establecidas en Comayagua en el 2000; no encontró el Virus de la Mancha Anular de la Papaya (Papaya Ringspot Virus – PRSV). Por limitaciones logísticas y técnicas, ha sido imposible realizar un diagnóstico mas detallada en Honduras.

La infección viral causada por el Papaya Ringspot Virus (PRSV) está reportada en todo el trópico y ha sido reportada erróneamente en la literatura para Honduras. Nunca se han encontrado plantas positivas analizadas en repetidas ocasiones en Honduras por ELISA, ni tampoco las enviadas a laboratorios de La Universidad de Cornell (Dr. D. Gonsalves), la Universidad de San Carlos en Guatemala (Dra. M. Palmieri) y recientemente las muestras analizadas por Elvir en el colegio de Posgraduados de México. Aunque en el campo, se observa la sintomatología de hojas con mosaico y deformación de tejido, no se observan los patrones anulares clásicos en los frutos (Roca y Duarte 2004<sup>2</sup>).

Para Guatemala, Hawaii y Jamaica el Virus de la Mancha Anular de la Papaya representa una amenaza importante para la producción de este cultivo. En 1992, PRSV fue descubierto en Hawaii y menos de dos años después se había diseminado y causaba daños severos a la zona de producción. En 1998 se comercializaron dos variedades transgenicas: “Rainbow” y ‘SunUp” que han logrado salvar la industria Hawaiana (Gonsalves *et al.* 2004). A mediados de los 90’s la industria de Jamaica, experimentó una epidemia devastadora de PRSV que provoco una reducción en área sembrada desde 405 has a 180 has (Thomas 2005).

<sup>2</sup> Duarte, O; Roca, M. M. 2004. Presencia del Virus de la Mancha Anular de la Papaya (Papaya Ringspot Virus) en Honduras. Comunicación personal. El Zamorano. Honduras.

Un caso similar es el de Guatemala, que al igual que Jamaica y otros países como Brasil, Tailandia y Venezuela, están buscando alternativas para reducir la amenaza de esta enfermedad. En la actualidad existen programas de biotecnología en Jamaica y Guatemala enfocados a la transformación de variedades criollas o comerciales como la “Solo” para obtener plantas genéticamente resistentes a PRSV (Thomas 2005 y Palmieri *et al.* 1998)

La explotación tecnificada en Centro América está restringida a pocas regiones. En el caso de Honduras, los departamentos certificados para la producción de este cultivo se reducen a Comayagua, Cortes y Santa Bárbara; el criterio fundamental para esto es que estos departamentos poseen las poblaciones mas bajas de mosca de la fruta. La papaya es atacada por varias plagas y enfermedades de suma importancia, que pueden provocar pérdidas de hasta el 100 % (VIFINEX 2002). En el 2003, se perdieron numerosas hectáreas de papaya a causa de un complejo de enfermedades en su mayoría virus y algunas de etiología desconocida (Raúl Rodas 2004<sup>3</sup> y Elvir 2004).

Ya que el cultivo de la papaya es una interesante iniciativa de desarrollo agroindustrial como cultivo no tradicional y para nichos específicos de agricultura orgánica, este estudio buscó establecer las bases para identificar los principales limitantes en la producción de papaya en Honduras y dar seguimiento a los estudios realizados por Chiriboga (2000) y Elvir (2004).

Para la producción exitosa de papaya, se deben tener en cuenta varios factores. Los de mayor importancia son: el desarrollo de variedades resistentes a estreses abióticos, enfermedades y plagas por los fitomejoradores, el uso de estas variedades por productores y mejores prácticas de cultivo.

<sup>3</sup> Rodas, R. 2004. Situación fitosanitaria de fincas de papaya en Comayagua que condujo a perdidas sustanciales del cultivo. Comunicación personal. Honduras.



## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo general**

Establecer los principales factores bióticos y abióticos que afectan al cultivo de papaya en plantaciones orgánicas y convencionales en Honduras.

### **2.2 Objetivos específicos**

1. Realizar un inventario fotográfico de los síntomas de enfermedades y de la entomofauna principal asociada al cultivo de papaya, encontrado durante el estudio.
2. Documentar los resultados del estudio desarrollando un manual de manejo integrado del cultivo, con énfasis en el manejo de enfermedades.
3. Continuar con el estudio de la determinación del agente causal de la enfermedad de etiología desconocida, denominada la “punta de lápiz” de la papaya.
4. Documentar las principales limitantes ya reportadas para papaya en Honduras y verificar si están presentes, incluyendo al Virus de la Mancha Anular de la Papaya (Papaya Ringspot Virus - PRSV).
5. Determinar la incidencia de Bunchy Top en papaya en las tres fincas estudiadas.

### 3. REVISIÓN DE LITERATURA

#### 3.1 Generalidades del cultivo

La papaya es considerada una de las frutas más importantes de los trópicos. Perteneció a la familia **Caricáceas** que compone cuatro géneros: *Carica*, *Cylicomorpha*, *Jacaratia* y *Jarilla*. El género de mayor importancia es *Carica*, y la papaya *Carica papaya L* es la especie más importante y cultivada dentro de las 21 especies que componen este género (Nishijima *et al.* 1998).

La papaya es una planta herbácea y perenne de corta vida que puede crecer hasta 6-9 m. El tallo es hueco y puede llegar a medir 30–40 cm. de diámetro. Las hojas son palmadas, sostenidas por largos pecíolos que salen del tallo. El fruto es una baya con alto contenido de vitaminas A, B1, B2 y C y estas salen de las axilas de las hojas. Su tamaño y forma es individual para cada cultivar. Las plantas se dividen en tres categorías: masculino, femenino y hermafrodita (Samson 1991).

La planta masculina se caracteriza por tener un racimo floral largo con varias inflorescencias. La flor es unisexual y no produce frutas, con excepción de la conversión a flor hermafrodita debido a temperaturas bajas (Ibar 1979). Su importancia está limitada a la siembra para polinización de plantas femeninas. Esto es una práctica que ya se está desapareciendo debido a la mayor demanda por plantas femeninas y hermafroditas (Nishijima *et al.* 1998).

Las plantas femeninas tienen flores individuales más grandes que las masculinas y necesitan la presencia de plantas masculinas o hermafroditas para polinización. Estas tienen la forma de una pera cuando están cerrados y producen frutos redondos de piel delgada y rugosa (Chia 1989).

Las plantas hermafroditas son consideradas como las de mayor importancia. Estas plantas poseen flores bisexuales individuales que tienen forma tubular cuando están cerradas. Comercialmente la fruta de esta planta es la más exportada por su forma alargada o tubular que facilita el manejo y empaque. La polinización de una flor femenina por una de estas flores bisexuales producirá una flor femenina y dos flores bisexuales, lo cual aumentará el rendimiento de fruta (Chia 1989).



Flor masculina, femenina y hermafrodita de la papaya  
Foto: Tamara Recinos

La papaya es una planta tropical con un rango de temperatura entre 22°C – 32°C, siendo la temperatura óptima 25°C; puede tolerar temperaturas mínimas de 12°C y máximas de 40°C, sin embargo, ocurre inhibición de floración y deformación de fruto respectivamente. La humedad relativa óptima varía entre 60% - 85%. A mayor de 85% se incrementa la posibilidad de ataques por enfermedades fúngicas. La papaya se cultiva con facilidad hasta los 600 msnm; se puede incrementar esta altura hasta los 1000 msnm pero con riesgos de problemas productivos, ya que disminuye la tasa de fotosíntesis (Nishijima *et al.* 1998 y Duarte 2005).

Requiere de suelos franco a franco arcilloso con un pH entre 5.6 - 7 y de 2% - 3% de materia orgánica. El sistema radicular es poco profundo. En suelos sueltos la raíz pivotante puede crecer hasta 60cm, mientras que las secundarias permanecen muy superficiales. Requerimientos de agua oscila entre 1,500 mm – 2,000 mm anuales, bien distribuido con al menos 100mm por mes. Las plantas no toleran encharcamiento de agua y contacto por más de dos días causa pudrición de raíz y muerte, haciendo la necesidad de un sistema eficiente de drenaje (VIFINEX 2002).

### 3.2 Mercado mundial

En la actualidad la papaya se cultiva en diversas regiones del mundo (VIFINEX 2002). Los países cultivadores se resumen en:

#### **Norte América**

- Estados Unidos
- México

#### **Centro América**

- Belize
- Costa Rica
- El Salvador
- Guatemala
- Honduras

#### **Sur América**

- Argentina
- Bolivia
- Brasil
- Chile
- Colombia
- Ecuador
- Paraguay
- Perú
- Venezuela

#### **Asia**

- China
- India
- Indonesia
- Filipinas
- Ceilán
- Archipiélago Malayo

#### **África**

- Mozambique
- Nigeria

**Oceanía**

- Australia

**Europa**

- Islas Canarias

- Zaire

- Congo

- Sudáfrica

**Caribe**

- Cuba
- Republica Dominicana
- Jamaica
- Haití

Según los datos de la NASS 2005, la producción mundial de la papaya se distribuye de la siguiente manera (Cuadro 1):

Cuadro 1. Principales países productores de papaya en el mundo, 2004

País	Millones de libras				
	2000	2001	2002	2003	2004
Brasil	3,174	3,283	3,522	3,527	3,638
India	1,543	1,543	1,543	1,543	1,543
Indonesia	946	1,104	1,334	1,382	1,312
México	1,482	1,926	1,932	2,107	2,107
Nigeria	1,649	1,649	1,664	1,664	1,664
Tailandia	262	265	265	276	276
Estados Unidos	55	55	46	43	36
Otros	3,704	3,931	4,056	4,130	4,214

Fuente: Organización Mundial del Alimento y Agricultura (FAO), FAOSTAT data 2005

La exportación de la papaya (Cuadro 2), esta dividida en varios segmentos de mercado dependiendo de las características físicas que presenta el fruto. Esto se divide en: fresca, congelada, deshidratada, pasta y puré, pulpo y otros (NASS 2005).

Cuadro 2. Principales exportadores de papaya en el mundo, 2002

Exportador	Toneladas Métricas				
	1999	2000	2001	2002	2003
México	59,959	59,819	74,033	68,558	74,814
Malasia	37,000	44,134	53,961	60,892	68,655
Brasil	15,709	21,513	22,804	28,541	39,492
Belice	4,114	6,100	6,350	11,307	16,857
Holanda	2,788	3,021	3,649	3,362	10,548
Estados Unidos	5,939	6,191	8,324	7,106	7,046
China	206	2,416	3,313	4,273	5,395
Ecuador	386	3,810	3,669	1,976	4,477
India	12,660	11,928	1,976	3,452	3,550
Republica Dominicana	1,200	2,600	2,600	2,519	2,725
Tailandia	103	182	495	2,681	2,123
Jamaica	2,761	2,200	2,200	2,200	1,860
Guatemala	4,364	3,462	2,814	2,475	1,750
Filipinas	1,203	2,524	4,164	4,311	1,443
Otros	5,660	5,486	5,559	7,670	4,061

Fuente: Organización Mundial del Alimento y Agricultura (FAO), FAOSTAT data

Según Duarte 2005, comercialmente las variedades más famosas son: Solo (Sunrise, Kapoho, Waimanolo), Maradol, Tainung (I, II), Know Your Seed y Cariflora. Cada variedad posee características diferentes que les da un posicionamiento por encima de otras variedades en el mercado. De estas cinco variedades, actualmente se exportan las primeras tres con mucha frecuencia.

La variedad “Solo” es originaria de Barbados, pero fue introducido a Hawaii en 1911. Actualmente este estado tiene grandes extensiones para exportación e investigación. Es considerada la variedad más apetecida en el mundo. El nombre se deriva del tamaño relativamente pequeño que tiene los frutos; peso promedio de 300g-600g. Esta característica permite que sea consumido por una sola persona. Los frutos de esta variedad tiene forma de pera, la carne posee un color rojo-anaranjado y su contenido de azúcar es muy alto (FAO 2005)

Maradol es de origen Cubano y su nombre se deriva de Maria y Adolfo, los fitomejoradores que desarrollaron la variedad. Los frutos son de tamaño mediano; peso promedio 600g-1200g. La carne posee un color rojo intenso, es más aromática y el contenido de azúcar es más alto que la de la variedad Solo (Duarte 2005).

Tainung I y II son híbridos desarrollados en Taiwán. Los frutos son de tamaño pequeño, aunque ligeramente mas grande que las de la variedad Solo. La carne es de color naranja y el contenido de azúcar es alto pero no tanto como el Solo y Maradol.

El mercado de la papaya esta centralizado en tres regiones: Estados Unidos, Japón y Europa. Estos mercados por lo general, están monopolizadas por uno o dos productores. En el caso de Estados Unidos, recibe la mayoría de fruto de México (70%) y Belize (18%). El mercado japonés esta cubierto por Hawaii y el mercado europeo por Brasil.

### **3.3 Principales enfermedades y plagas**

En Honduras, existen varias enfermedades y plagas que afectan a este cultivo (Chiriboga, 2000). En el cuadro 3, se encuentra un resumen de las enfermedades más importantes y de mayor incidencia en el cultivo de la Papaya.

Cuadro 3. Principales plagas y enfermedades reportadas para papaya en Honduras.

Nombre Común	Nombre Científico	Daño	Manejo
<b>Hongos</b>			
Mancha Foliar	<i>Phyllosticta sp.</i>	Lesiones redondas-ovaladas con bordes púrpuras. Quemadura de hojas	Uso de semillas certificadas Eliminar hojas enfermas Eliminar rastrojos
Mildeu Polvoriento	<i>Oidium caricae</i> Noack	Lesiones cloróticas con bordes verde intenso. Manchas difusas con esporas blancas	Fungicidas preventivas Aplicaciones de Azufre
Pudrición de Raíces y Tallo	<i>Phytophthora palmivora</i>	Pudrición seca color café. Exposición de tejido fibroso podrido.	Suspender el riego Aplicaciones de Cal Eliminar plantas enfermas
Antracnosis	<i>Colletotrichum gloesporioides</i>	Manchas redondas y acuosas en frutos maduros. Masa de conidias rosa-anaranjado cubre lesiones.	Fungicidas preventivas Inmersión en H <sub>2</sub> O caliente Fungicidas post-cosecha Ceras grado alimenticio
Mal del talluelo	<i>Phyitium spp.</i> ; <i>Rhizoctonia spp.</i>	Marchitamiento y secado de hojas. Tallo esponjoso y desdoblamiento de plantas	Uso de suelo esterilizado Usar variedades resistentes Regular sistema de riego Uso de <i>Trichoderma</i>
Pudrición de Fruto y Flores	<i>Alternaria alternata</i>	Lesiones circulares-ovaladas color negro en superficie de la fruta.	Fungicidas preventivas Inmersión en H <sub>2</sub> O caliente a 49°C por ± 20 minutos
<b>Bacterias</b>			
Mancha Angular	<i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>Carica-papayae</i> Robb	Manchas pequeñas angulares y acuosas en hojas, pecíolos y frutos	Rotación de cultivos Fungicidas a base de cobre
Pudrición del Fruto	<i>Erwinia sp.</i>	Tejido suave, acuoso y podrida con olor fétido.	Regular el riego Eliminar malezas Aplicar productos a base de cobre
<b>Virus</b>			
Papaya Ringspot Virus	<i>Potyvirus</i> Transmisión por Áfidos	Mosaico amarillo en hojas Aclaramiento de nervaduras Lamina foliar deformado Manchas aceitosas color verde oscuro en pecíolos. Anillos y abultamiento en frutos	Usar variedades resistentes Siembra bajo protección Eliminar plantas enfermas Usar barreras y trampas amarillas Aplicar aceite mineral
Papaya Mosaic Virus	<i>Potexvirus</i> Transmisión mecánica	Márgenes foliares irregulares Moteado moderado en hojas	Limpieza de instrumentos de cosecha Eliminar malezas como <i>Portulaca oleraceae</i>
Papaya Droopy Necrosis Virus	<i>Rhabdovirus</i> Transmisión por vector no identificado	Amarillamiento, curvatura y necrosis marginal de hojas Defoliación de hojas bajas Necrosis del ápice y muerte	Eliminar plantas enfermas Evite siembra escalonada

<b>Mollicutes</b>			
Papaya Bunchy Top	<i>Rickettsia</i> Transmisión por <i>Empoasca papayae</i> Oman y <i>Empoasca stevensi</i>	Cogollo arrellado Textura firme de hojas Ausencia de látex en heridas Hojas nuevas con tamaño anormal y frutos pequeños	Eliminar plantas enfermas Usar variedades resistentes Manejo del vector Terapia con antibióticos
<b>Otros</b>			
Punta de Lápiz	Etiología desconocida	Acortamiento de entrenudos, peciolos y hojas nuevas. Apariencia de punta de lápiz por debilitamiento del tallo. Defoliación de base a ápice. Mala maduración de frutas.	Todavía en estudio
<b>Insectos</b>			
Picudo del Cocotero	<i>Rhyncophorus palmarum</i> Orden: Coleóptero Familia: Scarabaeidae	Amarillamiento progresivo de hojas. Destrucción de hojas emergentes y necrosis de flores. Secado de hojas en orden ascendente	Eliminar plantas infestadas Trampas con cebos Control biológico con: <i>Paratheresia menezesi</i> Uso de feromonas
Tortuguilla	<i>Diabrotica balteata</i> Orden: Coleóptero Familia: Chrysomelidae	Defoliación y agujeros en la hoja, brotes, peciolos e inflorescencia.	Uso de insecticidas Control biológico con: <i>Filipjevimermis leipsandra</i> <i>Heterorhabditis heliothidis</i>
Mosca de la Fruta	<i>Toxotrypana curvicauda</i> Orden: Díptera Familia: Tephritidae	Maduración prematura y caída de frutos. Fruta podrida por infestación con larvas.	Embolsado de fruta Uso de insecticidas Uso de parasitoides
Mosca Blanca del Papayo	<i>Trialeuroides variabilis</i> Orden: Homóptera Familia: Aleyrodidae	Marchitez y debilidad Quemaduras en envés de hojas Presencia de fumagina	Uso de insecticidas Uso de <i>Beauveria bassiana</i> Uso de parasitoides
Áfidos	<i>Myzus persicae</i> Orden: Homóptera Familia: Aphididae	Caída prematura de fruta Distorsión de hojas y brotes Trasmite Papaya Ringspot Virus	Eliminar malezas Control biológico con: <i>Allograpta sp.</i> , <i>Diaretus chenopodiaphidis</i>
Saltahojas del Papayo	<i>Empoasca papayae</i> <i>Empoasca stevensi</i> Orden: Homóptera Familia: Cicadellidae	Hojas color café-rojizo y enrollamiento hacia abajo. Enanización. Trasmite Papaya Bunchy Top	Uso de insecticidas Uso de trampas amarillas
Cochinilla del Papayo	<i>Paracoccus marginatus</i> Orden: Homóptera Familia: Pseudococcidae	Inyección de toxina que causa amarillamiento y deformación de hojas. Enanización. Defoliación y caída de fruta	Control biológico con avispa: <i>Anagrus loecki</i> , <i>Pseudoleptomastix</i> <i>mexicana</i> , <i>Acerophagous papayae</i>
Gusano Cachudo	<i>Manduca sexta</i> Butler Orden: Lepidóptero Familia: Sphingidae	Defoliación total de hojas, inflorescencia y fruta verde	Uso de insecticidas Aplicaciones de Bt ( <i>Bacillus thuringensis</i> )
Trips	<i>Thrips tabaci</i> Orden: Thysanoptera	Rayas color plateado o blanco en hojas. Pérdida de agua en hojas. Cicatrices en frutos	Riego por aspersión Uso de barreras Usar variedades resistentes

<b>Ácaros</b>			
Deformador de la hoja	<i>Calacarus brionesae</i> Orden: Acarina	Polvo blanco en superficie de hojas y frutos. Enrollamiento de márgenes foliares. Interacción con mildew polvoriento	Uso de acaricidas Riego por aspersión Aplicaciones de azufre Control biológico con: <i>Typhlodromus spp.</i> , <i>Hirsutella thompsoni</i>
Acaro plano, rojo y blanco	<i>Brevipalpus phoenicis</i> Orden: Acarina	Raspado de follaje y fruta Reducción en rendimiento	Uso de acaricidas Riego por aspersión Aplicaciones de azufre Control biológico con: <i>Typhlodromus spp.</i> , <i>Hirsutella thompsoni</i>
Arañita Roja	<i>Tetranychus urticae.</i> Orden: Acarina	Manchas cloróticas en y amarillamiento de hojas Defoliación	Control biológico con ácaros depredadores: <i>Phytoseiulus persimilis</i> , <i>Mesoseiulus longipes</i> , <i>Neoseiulus californicus</i> , <i>Galendromus occidentalis</i> <i>Amblyseius fallicus</i>
<b>Nemátodos</b>			
Nemátodo Nodulador	<i>Meloidogyne spp.</i>	Marchitez Hojas cloróticas Reducción en rendimiento	Rotación de cultivos Usar variedades tolerantes Usar cultivos trampa Realizar muestreos frecuentes Nematicidas (solamente cuando necesario)
Nemátodo Reniforme	<i>Rotylenchulus spp.</i>	Reducción radicular Hojas cloróticas Reducción en rendimiento Reducción de vida	Rotación de cultivos Usar variedades tolerantes Usar cultivos trampa Realizar muestreos frecuentes Nematicidas (solamente cuando necesario)

Fuente: Plagas del cultivo de Papaya que ocurren en Honduras OIRSA-HONDURAS, Mayo 1999. Adaptado por Chiriboga, 2000; Revisado por la autora, 2005.

§ Papaya Ringspot Virus: Nunca se ha encontrado plantas positivas, ni se observa la sintomatología típica a pesar de numerosas pruebas (Elvir 2004)

### 3.4 Inventario fotográfico de enfermedades y plagas



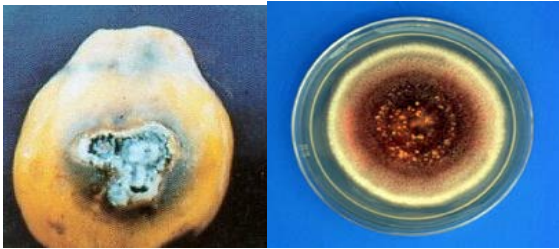
1

Mildeu polvoriento  
*Oidium caricae* Noack.



Pudrición de raíces y tallo  
*Phytophthora palmivora*





2

Antracnosis  
*Colletotrichum gloesporioides*



3

Virus de la Mancha Anular de la Papaya  
*Potyvirus*



4

Virus del Mosaico de la Papaya  
*Potexvirus*



Virus de la Necrosis Apical de la Papaya  
*Rhabdovirus*



Cogollo Arrepollado  
*Rickettsia*



Punta de Lápiz  
Etiología desconocida



5

Picudo del Cocotero  
*Rhyncophorus palmarum*



6

Tortuguilla  
*Diabrotica balteata*



Mosca de la fruta  
*Toxotrypana curvicauda*



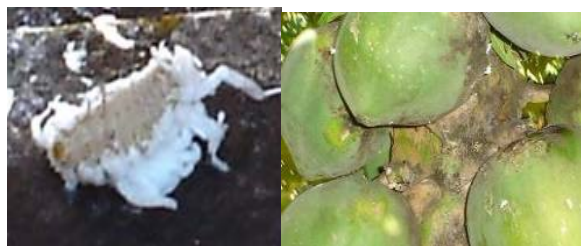
7  
Mosca blanca del papayo  
*Trialeuroides variabilis*



8  
Áfidos  
*Myzus persicae*



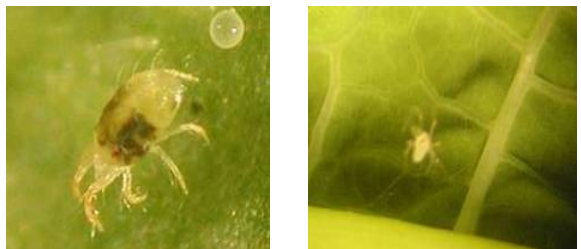
9  
Saltahojas del Papayo  
*Empoasca papayae* Oman y *Empoasca stevensi*



Cochinilla del Papayo  
*Paracoccus marginatus*



Trips  
*Thrips tabaci*



10  
Arañita roja  
*Tetranychus urticae*



11  
Nematodo nodulador  
*Meloidogyne hapla*



12



13

Nematodo reniforme  
*Rotylenchulus reniformis*



14

\* Fotos sin número fueron tomados por la autora.

1 Fotos de Mildeu Polvoriento disponible en URL: [http://www.plantpro.doae.go.th/.../powder\\_mildew.html](http://www.plantpro.doae.go.th/.../powder_mildew.html)

- 2 Fotos de Antracnosis disponible en URL:  
<http://plantpro.doae.go.th/plantclinic/clinic/plant/papaya/image/anthracnose4.jpg> y URL:  
<http://www.plantpath.wisc.edu-fpath-Colleto6.jpg>
- 3 Fotos de PRSV disponible en URL: <http://www.hawaiiag.org/hdoa/newsrelease/02-07-PRV-photos.pdf>
- 4 Foto de *Papaya Mosaic Virus* disponible en URL:  
[http://66.54.153.89/Images\\_CSU%5C0027%5Cthumb/IMG0052.jpg](http://66.54.153.89/Images_CSU%5C0027%5Cthumb/IMG0052.jpg)
- 5 Fotos de *Rhyncophorus palmarum* disponible en URL: <http://www.insect-sale.com/photo/sale/Rhyncophorus-palmarum.jpg> y URL:  
<http://www.agctr.lsu.edu/arthropodmuseum/Rhyncophorus%20palmarum.jpg>
- 6 Foto de *Diabrotica balteata* disponible en URL:  
<http://insects.tamu.edu/images/insects/common/images/cd-44-b/img185.jpg> y URL:  
<http://members.tripod.com/~jimhammond/Images/bandedcucbeetl.jpg>
- 7 Foto de la mosca blanca de la papaya disponible en URL:  
<http://www.apsnet.org/online/feature/whitefly/image/virus1a.jpg>
- 8 Foto de *Myzus persicae* disponible en URL:  
<http://www.viarural.com.ar/viarural.com.ar/agricultura/insectos/fotos/myzus-persicae01.jpg> y URL:  
<http://www.naturescontrol.com/image/aphids.jpg>
- 9 Fotos de *Empoasca stevensi* y su daño disponible en URL:  
[http://www2.ctahr.hawaii.edu/oc/freepubs/pdf/F\\_N-5.pdf](http://www2.ctahr.hawaii.edu/oc/freepubs/pdf/F_N-5.pdf)
- 10 Foto de *Tetranychus urticae* disponible en URL: <http://207.5.71.37/biobest/images/plagen/pSpint.jpg>
- 11 Foto del daño de *Meloidogyne* disponible en URL:  
<http://www.arthropods.de/nematoda/meloidogyneHapla0001.jpg>
- 12 Foto de larvas de *Meloidogyne* disponible en URL:  
<http://www.scri.sari.ac.uk/nematode/images/nematodes.jpg>
- 13 Foto de *Rotylenchulus* disponible en URL: [http://creatures.ifas.ufl.edu/nematode/r\\_reniformis02.htm](http://creatures.ifas.ufl.edu/nematode/r_reniformis02.htm)
- 14 Foto del daño causado por *Rotylenchulus* disponible en URL:  
<http://www.plpnemweb.ucdavis.edu/nemaplex/Taxadata/G116S2.HTM#Damage>:

### 3.5 Deficiencia de nutrientes

La deficiencia de nutrientes en el cultivo de la papaya induce síntomas específicos en la planta. En el cuadro 4 se encuentra una descripción de la sintomatología desarrollada por la planta.

Cuadro 4. Síntomas de deficiencia nutricional en la papaya.

Elemento	Síntomas
N	Hojas de color verde limón y entrenudos cortos.
P	Manchas amarillas y negras en los bordes de las hojas. Las hojas nuevas son de color verde oscuro.
K	Hojas inclinadas con bordes secos. Reducción de la cantidad de hojas y frutos.
Ca	Hojas de color verde olivo con manchas amarillas.
Mg	Manchas café oscuro en los bordes de las hojas. Los espacios entre las nervaduras permanecen verdes.
S	Hojas ligeramente amarillas. Reducción en el crecimiento de la planta.
Fe	Hojas amarillo pálido. La porción apical se oscurece y se quiebra.
Mn	Hojas con puntas pálido amarillentas, esta coloración extiende hasta la base.
B	Hojas deformes y amarillas. La parte superior parece un cogollo arrellado (puede ser confundido con PBT). Abultamientos en el fruto.
Cu	Reducción de crecimiento foliar. Hojas jóvenes pálidas con manchas cafés en las puntas y entre las nervaduras.
Zn	Reducción de crecimiento foliar. Clorosis de nervadura y reducción en la floración.
Mo	Reducción en crecimiento de la planta. Clorosis en las puntas de las hojas y toman una apariencia de papel.

Fuente: Prácticas fitosanitarias en el cultivo de Papaya *Carica papaya* tipo Solo para exportación. VIFINEX. Honduras. 2002.

## **4. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **4.1 Contexto general**

El presente estudio se realizó con la ayuda de personas experimentadas en las áreas de fitopatología, entomología, ciencia de suelos y fruticultura. Se visitaron varias zonas productoras de papaya en Honduras, donde se tomaron muestras representativas para análisis de enfermedades y suelos e identificación de plagas en los laboratorios de Zamorano. Por limitaciones presupuestarias, solo fue posible realizar análisis moleculares para la detección de fitoplasmas y rickettsias. Los resultados y una amplia revisión de la literatura, fueron incluidos en un manual para productores.

### **4.2 Evaluación de campo**

Este estudio se realizó en cuatro meses, entre junio - septiembre 2005. La selección de fincas se realizó con apoyo de un representante de OIRSA/VIFINEX con amplia experiencia en la producción de papaya en Honduras. Se tomaron datos de plantaciones en tres departamentos de Honduras: Francisco Morazán, Comayagua y Cortés, en las localidades de Zamorano, El Guanacastal y La Sabana respectivamente.

En Zamorano, los datos fueron recolectados de una plantación de las variedades Tainung II y Solo con un manejo orgánica. En Finca El Guanacastal, se recolectaron datos de la variedad Tainung II de manejo convencional mientras que La Sabana era de Maradol con manejo convencional. Se escogieron estas localidades porque son las más representativas de las fincas de papaya remanentes en Honduras.

### **4.3 Sistemas de producción**

#### **Valle del Yeguaré, Zamorano. Zona II, Lote Orgánica, Francisco Morazán**

Zamorano se encuentra a una elevación de 800 msnm con una temperatura media de 23.22°C, precipitación de 1,103 mm/año y una humedad relativa anual que no sobrepasa el 75%. Las lluvias se concentran en cuatro meses del año: junio, julio, septiembre y octubre. Sin embargo, pueden caer lluvias en los meses de mayo y agosto.

El lote de producción tenía ocho meses (después de trasplante) al momento de la evaluación, mide ± una manzana y está compuesto por 17 hileras sembradas con papaya de la variedad Tainung II y una fila con la variedad Sunrise Solo.

Del total de 18 hileras, las primeras siete fueron tratadas con *Trichoderma harzianum*, las siguientes siete fueron tratadas con micorrizas (Mycoral®) y las últimas cuatro no tenían

tratamiento. La siembra se realizó en hilera simple, a una distancia de 1.5 m entre plantas y 3.8 m entre camas. El manejo fue orgánico con enmiendas de gallinaza, bocashi y lombricompost como fertilizantes.

### **Comayagua, Finca El Guanacastal, Comayagua**

Comayagua tiene una elevación entre 550 -700 msnm con una temperatura media de 27.6°C, precipitación de 116.9 mm/año y una humedad relativa media de 69.2% por año. La lluvia en esta zona se concentra en seis meses: mayo-octubre. Situado en el camino hacia la Escuela Normal de Comayagua, esta finca posee no más de  $\frac{3}{4}$  de manzana sembrada con papaya de la variedad Tainung II.

La siembra fue en hilera simple con una distancia de 3 m entre plantas y 3 m entre camas. La finca tenía 13 meses (después de transplante) al momento de la evaluación y esta diversificada incluyendo la producción de cultivos aparte de papaya como: chive, guayaba Tai, guayaba millennium, berenjena china y berenjena hindú. El manejo fue convencional con aplicaciones semanales de insecticidas y uso de fertilizantes inorgánicos.

### **La Lima, La Sabana, Cortés:**

La Sabana se encuentra en el municipio de La Lima. Esta zona tiene una elevación de 76 msnm, temperatura media de 27.04°C, precipitación de 642.68 mm/año y una humedad relativa media de 75.3% por año. Los meses de junio – octubre son las que generalmente presentan la mayor cantidad de precipitación, sin embargo, puede haber lluvias en los meses de mayo y noviembre.

El total de extensión de la finca es de 10 manzanas, pero en producción se encuentra  $\pm$  cuatro manzanas con la variedad Maradol. La siembra fue en doble hilera con distancias de 1.5 m entre plantas, 1.5 m entre hileras y 3.6 m entre camas. Antes de establecer los lotes de papaya se había sembrado aguacate y espárrago. Se realiza aplicaciones semanales de una mezcla foliar que incluye lo siguiente: fertilizante foliar, urea, ácido salicílico y detergente. La fertilización al suelo se realiza por el sistema de riego usando urea. Las plántulas fueron inoculadas con micorrizas (Mycoral®) a la presiembra y al momento de transplante.

### **4.4 Recolección de muestras**

Se realizaron tres visitas a las fincas (junio, agosto y septiembre 2005), para documentar las prácticas de producción de cada finca, evaluar la incidencia y severidad de las enfermedades y plagas, caracterizar los suelos y recolectar muestras.

Se recolectaron 38 muestras de las hojas más jóvenes para el diagnóstico molecular y fitopatológico de fitoplasmas y rickettsias, este número es pequeño, por el hecho de que ya no existen muchas fincas en producción. Se identificaron plantas con síntomas característicos de las principales enfermedades de papaya (descritos anteriormente en la

revisión de literatura). Una vez localizadas las plantas, las muestras fueron tomadas de las hojas más jóvenes de plantas con síntomas. Las muestras fueron envueltas en papel toalla para absorber el exceso de humedad (evitar el crecimiento de hongos), guardadas en bolsas plásticas (evitar su desecación) y transportadas al laboratorio molecular de Zamorano en un hielera.

Las muestras de suelo para análisis químico y análisis de nemátodos fueron tomadas al mismo tiempo que se realizó la caracterización física del suelo, durante la primera de las tres visitas realizadas a cada finca. Las muestras consistieron en varias sub-muestras tomadas mediante barrenaciones en forma de zigzag en los lotes sembrados. La caracterización del suelo se hizo mediante la excavación de calicatas con una dimensión de 50 cm × 50 cm, donde se hizo una descripción detallada del perfil de suelo, ubicada siempre en el centro de los lotes. Las muestras se transportaron en bolsas plásticas al laboratorio.

Las muestras para análisis foliar de nutrientes fueron tomados de plantas representativos para determinar deficiencias o excesos de nutrientes. Se recolectaron muestras compuestas de 15 pecíolos con una longitud de ± 30cm, proveniente de las hojas maduras más jóvenes. Las muestras se trasladaron de la misma forma que las muestras para el análisis fitopatológico.

Para el muestreo de insectos, se fraccionó la copa de la planta en tres zonas de muestreo: parte alta, media y baja. El muestreo se realizó al mismo tiempo que la recolección de las muestras para el diagnóstico molecular (anteriormente descrita). Al recolectar las muestras, se guardaron en frascos entomológicos de plástico con alcohol al 70%. La nomenclatura usada para describir las muestras fue de acuerdo a la zona de recolección en la planta: Sección alta (SA), sección media (SM) y sección baja (SB).

#### **4.5 Diagnóstico molecular**

Todas las muestras destinadas a diagnóstico molecular, fueron procesadas en el Laboratorio de Diagnóstico Molecular de Patología de Plantas, de la carrera de Ciencia y Producción Agropecuaria de Zamorano.

##### **4.5.1 Optimización del protocolo de extracción de ADN**

El proceso de extracción de ADN de tejido vegetal es el primer paso para el diagnóstico molecular. El resultado que se obtiene de la PCR depende directamente de una buena extracción de ADN. El objetivo principal es la separación efectiva de ADN vegetal de una fracción del ADN del patógeno de interés. Para la extracción de ADN de papaya se utilizó el Protocolo Doyle & Doyle modificado por Harrison (Anexo 2).

#### 4.5.2 Nomenclatura de las muestras

Al momento de la recolección de las 38 muestras, se tomaron los datos relevantes del cultivo y se le asignó una nomenclatura. Esta nomenclatura se utilizó en todos los diagnósticos moleculares para facilitar la identificación de las muestras. En el cuadro 5, se encuentra la nomenclatura de las muestras.

Cuadro 5. Nomenclatura de las muestras recolectadas

<b>Descripción</b>	<b># de Muestras</b>	<b>Nomenclatura</b>
Papaya Orgánica Tainung II, Zamorano	7	POTnZ
Papaya Tainung II, Comayagua	6	PTnC
Papaya Maradol, La Sabana	25	PML

#### 4.5.3 Cuantificación de ADN

Para asegurar la concentración adecuada que permita la amplificación del ADN, es necesario tener una concentración de ADN entre un rango de 25 – 50 ng/ml. En este estudio, se cuantificó el ADN de todas las muestras utilizando un fluorómetro Hoefer DyNA Quant 200® (Anexo 3). El fluorómetro trabaja a base de un colorante, que al ligarse a los vértices de las cadenas del ADN, se vuelve fluorescente. Después de cuantificar las muestras se diluyeron hasta alcanzar la concentración ideal para una buena amplificación. La dilución se llevó a cabo utilizando la siguiente fórmula:

Para 20ng/ml:  $V_i = 2000/C_i - 20$

Para 50ng/ml:  $V_i = 5000/C_i - 50$

#### 4.5.4 PCR (Polymerase Chain Reaction) para fitoplasmas y rickettsias

La reacción en cadena de la polimerasa, conocida como PCR (por sus siglas en inglés), es una técnica de la biología molecular descrita por Kary Mullis en 1985, utilizada extensamente en los análisis de diagnóstico molecular y el propósito es de amplificar el ADN del peso molecular correcto.

Esta técnica se fundamenta en la propiedad natural del ADN polimerasa para replicar las cadenas de ADN, y usa ciclos de alta y baja temperatura mediante un termociclador. La reacción consiste en tres fases:

1. Desnaturalización: La secuencia de ADN se calienta hasta una temperatura de 94°C, provocando la separación de las dos cadenas.
2. Hibridación: La temperatura se rebaja hasta 54 C para que los primers se enlacen con el ADN dividido.



3. Extensión: La temperatura se eleva hasta 72°C, la enzima Taq polimerasa permite la agregación de nucleótidos sueltos para formar una copia de la secuencia de ADN original.

Para el diagnóstico de fitoplasmas se utilizaron los primers universales P<sub>1</sub>/P<sub>7</sub> (Cuadro 6). La amplificación se hizo en el termociclador Perkin Elmer 480® con un total de 30 ciclos bajo las siguientes condiciones:

1. Primer ciclo: 94°C por 2:00 minutos.  
55°C por 1:20 segundos.  
72°C por 1:00 minutos
2. 28 ciclos: 94°C 0:30 segundos.  
55°C por 1:20 segundos.  
72°C por 2:00 minutos.
3. Último ciclo: 94°C 0:30 segundos.  
55°C 1:20 segundos.  
72°C 8:00 minutos.

Cuadro 6. Primers universales utilizados para la detección de fitoplasmas

Primers	Secuencia	Notas	Referencia
P1	AAGAGTTTGATCCTGGCTCAGGATT	Amplifican gen 16S ARNr, inicio del gen 23S	Deng y Hiruki 1991
P7	CGTCCTTCATCGGCTCTT	ARNr y region espaciadora (1500 – 1800 pb).	Shneider <i>et al.</i> 1995

Para el diagnóstico de Papaya Bunchy Top se utilizaron los primers 3-PBTF/4-PBTR (Cuadro 7). La amplificación se hizo en el termociclador Perkin Elmer 480® con un total de 40 ciclos bajo las siguientes condiciones:

1. Primer ciclo: 94°C 0:30 segundos.
2. 38 ciclos: 94°C 0:30 segundos.  
58°C por 1:30 segundos.  
72°C por 2:00 minutos.
3. Último ciclo: 94°C 0:30 segundos.  
58°C 1:30 segundos.  
72°C 10:00 minutos.

Cuadro 7. Primers utilizados en la detección de Papaya Bunchy Top

Primers	Secuencia	Notas	Referencia
3-PBTF	AAAGGTTCTGATTGGTTAGGTG	Amplifican gen 16S	Davis sf
4-PBTR	ATCTTTATGCTCTCCAACCTCCTC	ADNr y region espaciador de (750 pb)	Davis sf

#### **4.5.5 Electroforesis horizontal**

Se realizó una electroforesis horizontal y para esta técnica se prepararon geles de agarosa al 0.9% y se usaron moldes de 8, 12 y 40 pocillos. La escalera molecular Promega® 1 kb y las muestras (5 ul de producto de PCR + 2 ul de buffer de carga), fueron cargadas en los tanques de electroforesis respectivos (Hofer® HE 33 y Midicell® Primo EC 330). Como buffer de corrida se utilizó TBE 0.5x. Las muestras fueron sometidas a 85 voltios por  $\pm$  30 minutos con el uso de una fuente de poder Bio-Rad® 1000/500 (Anexo 6).

Los geles fueron teñidos en una solución de 1 mg/ml de bromuro de etidio durante 15 minutos. Tras la tinción, se observaron los geles bajo una luz ultravioleta con el transiluminador UVP® y se tomaron fotografías de ellas con la cámara digital Kodak® DC 290 (Anexo 7).

#### **4.6 Nematología**

Las muestras destinadas a nematología, fueron procesadas en el Laboratorio de Nematología, de la carrera de Ciencia y Producción Agropecuaria, localizado en Zamorano, Honduras.

La extracción de los nemátodos se realizó mediante el protocolo de extracción de nematodos por el método de centrifugación y flotación en agua azucarada (Anexo 8). El conteo se hizo a nivel de género con un plato petri calibrado.

#### **4.7 Análisis de suelos**

Todas las muestras destinadas al análisis de nutrientes, fueron procesadas en el Laboratorio de Suelos, de la carrera de Ciencia y Producción Agropecuaria, localizado en Zamorano, Honduras.

##### **4.7.1 Análisis físico del suelo**

Se realizó mediante la excavación de calicatas (50 cm  $\times$  50 cm). Los perfiles de suelos fueron descritos mediante el uso de: tablas Munsell para determinar color, resistencia a la penetración con el penetrometro de bolsillo (Forestry 2005), descripción de horizontes, profundidad, textura, estructura, poros, raíces y límites entre horizontes.

##### **4.7.2 Análisis químico del suelo**

Las muestras de suelo recolectadas fueron analizadas para macro y micro nutrientes mediante los siguientes métodos:

- P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn y Zn: Solución extractora Mehlich 3 y medidos por absorción atómica, con excepción de P medido por colorimetría.
- % Materia Orgánica: Método de Walkley & Black.
- % Nitrógeno Total: 5% de materia orgánica.
- pH: Relación suelo: agua = 1:1

- B y S: Solución extractora fosfato de calcio y medidos por colorimetría.
- Textura: Método de Bouyoucus.

#### **4.7.3 Análisis foliar**

Las muestras de pecíolos recolectadas fueron analizadas para macro y micro nutrientes mediante los siguientes métodos:

- Nitrógeno: Método de Kjeldahl.
- K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn y Zn: Digestión húmeda con  $\text{H}_2\text{SO}_4$  y  $\text{H}_2\text{O}_2$ , determinadas por absorción atómica.
- B y S: Determinada por espectrofotometría (colorimetría).
- Fósforo: Digestión húmeda con  $\text{H}_2\text{SO}_4$  y  $\text{H}_2\text{O}_2$ , determinado por espectrofotometría (colorimetría).

## 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.1 Sintomatología observada

Durante las visitas a las fincas, se realizaron varios tipos de muestreos (descritas anteriormente en la sección de materiales y métodos), para realizar los diagnósticos pertinentes. Sin embargo, se observó sintomatología de diversas causas que se encuentran a continuación y se dividen en factores bióticos y abióticos.

#### Factores Bióticos



Hojas deformadas y amarillentas



Agujeros en la hoja característico del daño por tortuguilla



Muerte apical característico del Virus de la Necrosis Apical de la Papaya



Fumagina (*Capnodium* sp.) en hojas



Fumagina (*Capnodium* sp.) en fruto y tallo



Pudrición fibroso en raíces por *Phytophthora palmivora*

**Factores Abióticos**



Fruta carpeloide  
condición causado por T°  
nocturnas elevadas



Clorosis en la punta de las  
hojas  
(deficiencia de Mn)



Quemaduras en el fruto causado  
por aplicaciones de productos  
químicos



Hojas deformadas (posible deficiencia de B)



Raíces dobladas hacia arriba debido a  
anegamiento del suelo

La sintomatología fue clasificada según el tipo de patógeno, los síntomas, su agente causal e incidencia. La incidencia fue determinada según la distribución en la finca. En Zamorano, la incidencia de hongos era leve mientras que la de nemátodos se encontraba alta. En Comayagua la incidencia de nemátodos fue alta y en la costa norte, hubo incidencia media de hongos, incidencia baja de virus y alta de nemátodos (Cuadro 8).

Cuadro 8. Incidencia de enfermedades en las tres fincas estudiadas

Tipo de Patógeno	Síntomas	Agente causal	Incidencia		
			Zamorano	Comayagua	Costa Norte
Hongos	Pudrición de la raíz	<i>Phytophthora palmivora</i>	--	--	Media
	Pudrición poscosecha	<i>Colletotrichum gloesporioides</i>	Leve	--	--
Bacterias	--	--	--	--	--
Rickettsias	--	--	--	--	--
Virus	Muerte apical	Virus de Necrosis Apical ( <i>Rhabdovirus</i> )	--	--	Baja
Nemátodos	Enanismo	<i>Rotylenchulus</i> sp.	--	Alta	Alta
	Enanismo	<i>Meloidogyne</i> sp.	Alta	--	--
	Enanismo	<i>Pratylenchus</i> sp.	Alta	--	--

## 5.2 Muestreo de insectos

Los insectos fueron recolectados e identificados en el laboratorio de entomología de Zamorano, según su género y especie. A continuación se encuentra un listado de los insectos recolectados y su ubicación en la planta al momento del muestreo. En la mayoría de los casos, los insectos se encontraban en la sección baja (SB) y en las hojas.

Insectos Plagas				
Localidad	Varietalidad	Insecto	*Ubicación	Órgano afectada
Comayagua	Tainung II	<i>Toxotrypana curvicauda</i>	SM	Fruto
Comayagua	Tainung II	<i>Trialeuroides variabilis</i>	SB	Hojas
Comayagua	Tainung II	<i>Thrips</i> spp.	SB	Hojas
Comayagua	Tainung II	<i>Manduca sexta</i>	Suelo	Hojas
Comayagua	Tainung II	<i>Tetranychus</i> spp.	SB	Hojas
Comayagua	Tainung II	<i>Paracoccus marginatus</i>	SB	Fruto
San Pedro Sula	Criolla	<i>Empoasca</i> spp.	SM	Hojas
La Sabana	Maradol	<i>Phyllophaga</i> spp.	Suelo	Raíces
La Sabana	Maradol	<i>Calacarus brionesae</i>	SB	Hojas
Zamorano	Tainung II	<i>Diabrotica balteata</i>	SB	Hojas
Zamorano	Tainung II	<i>Phyllophaga</i> spp.	Suelo	Raíces

Insectos Benéficos				
Localidad	Variedad	Insecto	*Ubicación	Órgano afectada
Todas	Todas	Coccinélidos	SB	N/A
Todas	Todas	Crisopa	SB	N/A

\*Ubicación del insecto en la planta: Sección Alta (SA); Sección Media (SM); Sección Baja (SB)

### 5.3 Inventario fotográfico de insectos

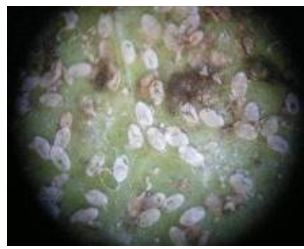
Durante la identificación de los insectos, se tomaron fotografías normales o con el uso de un estereoscopio según cada caso. A continuación se encuentra en inventario fotográfico con el nombre común y científico de cada insecto.



Gallina ciega  
*Phyllophaga* sp.



Mosca de la fruta de papaya  
*Toxotrypana curvicauda*



Inmaduros y puparios de mosca blanca del papayo  
*Trialeuroides variabilis*



Inmaduros de trips  
*Thrips* spp.



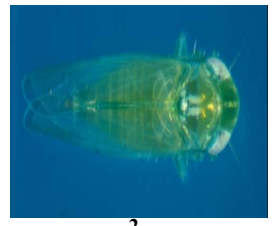
Gusano cachudo  
*Manduca sexta*



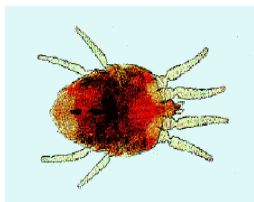
Arañita roja  
*Tetranychus urticae*



Cochinilla de la papaya  
*Paracoccus marginatus*



Saltahojas del papayo  
*Empoasca* spp.



3  
Acaro plano, rojo y



4  
Tortuguilla



5  
Inmaduro de coccinélidos



6  
Inmaduro de crisopa

blanco *Diabrotica balteata*  
*Brevipalpus phoenicis*

\* Las fotos sin número fueron tomadas por la autora.

1 Foto del gusano cachudo disponible en URL: <http://zebra.biol.sc.edu/moth/manduca-1.html>

2 Foto de *Empoasca stevensi* disponible en URL: [http://www2.ctahr.hawaii.edu/oc/freepubs/pdf/F\\_N-5.pdf](http://www2.ctahr.hawaii.edu/oc/freepubs/pdf/F_N-5.pdf)

3 Foto de *Brevipalpus phoenicis* disponible en URL:  
[http://www.cybersciences.com/cyber/3.0/gif/n2383\\_Brevipalpus.gif](http://www.cybersciences.com/cyber/3.0/gif/n2383_Brevipalpus.gif)

4 Foto de *Diabrotica balteata* disponible en URL:  
<http://insects.tamu.edu/images/insects/common/images/cd-44-b/img185.jpg>

5 Foto de la ninfa de mariquita disponible en URL: <http://www.thebuglady.ca/nymph.jpg>

6 Foto de la ninfa de crisopa disponible en URL: <http://www.bugsandbees.com/bChrysopa.jpg>

Los insectos encontrados fueron clasificados según: el tipo de organismo, los síntomas en la planta, su agente causal e incidencia. La incidencia fue determinada según la distribución en la planta y en la finca. En el cuadro 9, se encuentra la incidencia de los insectos según la finca estudiada, en donde existió incidencia leve del conjunto de insectos plagas muestreados en Zamorano, incidencia moderada en la Costa Norte e incidencia alta en Comayagua.

Cuadro 9. Incidencia de plagas en las tres fincas estudiadas

Tipo de Organismo	Síntomas	Agente causal	Incidencia		
			Zamorano	Comayagua	Costa Norte
Insectos Plagas	Raíces cortadas	<i>Phyllophaga</i> spp.	Baja	Alta	Alta
	Maduración prematura de fruto	<i>Toxotrypana curvicauda</i>	Alta	Baja	Baja
	Marchitez, debilidad y presencia de fumagina	<i>Trialeuroides variabilis</i>	--	Alta	--
	Enrollamiento de hojas	<i>Empoasca papayae</i> <i>Empoasca stevensi</i>	--	--	Baja
	Amarillamiento y deformación de hojas	<i>Paracoccus marginatus</i>	--	--	Media
	Defoliación de hojas	<i>Manduca sexta</i>	--	Baja	--
	Agujeros en hojas	<i>Diabrotica balteata</i>	--	Media	--
Insectos Benéficos	Depredador	Mariquita	Baja	Alta	Baja
	Depredador	Crisopa	Baja	Alta	Baja
Ácaros	Raspado de follaje y fruto	<i>Brevipalpus phoenicis</i>	--	--	Baja
	Amarillamiento y clorosis en hojas	<i>Tetranychus urticae</i>	--	Baja	--



#### 5.4 Análisis de nemátodos

La cantidad de nemátodos del género *Pratylenchus* (45 larvas/100 g de suelo) y *Meloidogyne* (45 larvas/100 g de suelo) encontrados en la muestra de Zamorano están por encima del nivel crítico (25 larvas/100 g de suelo), pero no en cantidades entramadamente altas; esto puede deberse al tratamiento de micorrizas que se le dio a las plántulas antes del transplante. Los nemátodos del género *Rotylenchulus* (320 larvas/100 g de suelo) y *Pratylenchus* (160 larvas/100 g de suelo) encontrados en Comayagua también están sobre el nivel crítico (25 larvas/ 100 g de suelo) (Cuadro 10).

La población de nemátodos fitoparásitos en la muestra A de la Costa Norte, no alcanzan niveles críticos. Por otro lado, la cantidad de nemátodos del género *Rotylenchulus* (217 larvas/ 100 g de suelo) encontrados en la muestra B (lote nuevo) si se encuentra sobre el nivel crítico (25 larvas/ 100 g de suelo) (Cuadro 10).

Cuadro 10. Nemátodos encontrados en muestras de suelo de las tres fincas

Género	No. de larvas <sup>□</sup>				Nivel crítico
	Zamorano	Comayagua	La Sabana A	La Sabana B	
Criconemella	--	10	--	25	25
Helicotylenchus	--	20	8	75	100
Meloidogyne	45	--	--	--	25
Pratylenchus	45	160	--	--	25
Rotylenchulus	23	320	23	217	25
Nematodos de vida libre	435	210	36	637	N/A <sup>○</sup>

<sup>□</sup> Numero de larvas encontradas en 100 gramos de suelo

<sup>○</sup> N/A = No aplica

#### 5.5 Análisis físico del suelo

En Zamorano el suelo tiene un horizonte compactada a los 20 cm de profundidad que limita la penetración de raíces. La textura es franco arcillo limoso (FArL), tiene una alta resistencia a la penetración debajo de los 20 cm y posee estructura masiva (Cuadro 11).

En Comayagua el suelo no presentó limitantes para el crecimiento radicular. La textura es de media a fina (FArL) bien estructurado. La resistencia a la penetración es moderada en el primer horizonte (2.65 kg/cm<sup>2</sup>) y se reduce a 2 kg/cm<sup>2</sup> abajo de los 11 cm (Cuadro 11).

La finca La Sabana presentó dos tipos de relieve: una zona plana mal drenado y otro con un 20% de área de ladera. Los suelos son pesados, arcilloso (Ar), poco profundo, con mal drenaje interno en uno y con roca a los 35 cm en la otra (Cuadro 11).

Cuadro 11. Propiedades morfológicas de los suelos en las tres fincas estudiadas.

Fecha de Descripción	Finca	Horizonte	Profundidad cm	Color	Textura	Estructura	Poros	Raíces	Resistencia a la penetración Kg/cm <sup>2</sup>	Limite
27/09/2005	Zamorano	Ap	0 - 20	10YR 2/3 PGMO	FArL	BSA g Md	'ca md m	'm Tt	1.9	'pl cl
		Ad	20 - 44	7.5YR 2.5/2 PO	FArL	ma	H fi m	'po fi	4.5	'pl ab
		Bw	44 - 76	7.5YR 2.5/3 PO	ArA	BA m Md	Ve po fi	'po fi mfi	4.4	--
22/09/2005	Comayagua	Ap	0 - 11	10YR 3/2 PGMO	FArL	BA m Md	Tb g fre Tb fi m	'm Tt	2.65	'pl ab
		Bw	11 - 55	7.5YR 3/3 PO	FArL	BA m Md	Tb fi m Tb md fre	'po fi mfi	2.0	--
30/06/2005	La Sabana A (20% pendiente)	Ap	0 - 35	2.5YR 3/2 PGMO	Ar cg (7%)	BSA g m Md	V po Ve g m	'm Tt	2.2	'pl cl
		Cr	35 - 65	--	RM	--	--	--	--	--
30/06/2005	La Sabana B	Ap	0 - 40	10YR 2/1 N	Ar	BSA m Md	Tb g m Ve g m	'fre fi mfi	2.2	'pl cl
		Bg	40 - 60	10YR 3/2 PGMO Motas 7.5YR 2.5/1 N	Ar	BSA pq m Md	Ve po	'po fi	3.15	--

**Abreviaturas utilizadas:**

- **Color:** PGMO: pardo grisáceo muy oscuro; PO: pardo oscuro; N: negro
- **Textura:** F: franco; Ar: arcilloso; A: arenoso; RM: roca meteorizada; L: limoso; cg: con grava; mg: mucha grava.
- **Estructura:** B: bloques; SA: subangulares; A: angulares; fu: fuerte; d: débil; ma: masiva; Md: moderado; g: gruesos; m g: muy gruesos; pq: pequeño; m: mediano; P: prismas; Tt: todos tamaños.
- **Poros:** Pl: planos; H: Horizontales; V: verticales; Ve: vesiculares; Tb: tubulares; cc: continuos; c: comunes; G: gruesos; ca: caóticos; md: medianos; po: pocos; fi: fino; mfi: muy finos; g: grueso; fre: frecuentes; m: muchos; Tt: todos tamaños.
- **Raíces:** m: muchas; fi: finas; mfi: muy finas; po: pocas; fre: frecuentes
- **Limite:** gr: gradual; cl: claro; pl: plano; ab: abrupto.

## 5.6 Análisis químico del suelo

La demanda de nutrimentos por este cultivo es alta, debido a su crecimiento rápido y la producción continua de flores y frutos. Es importante que los nutrimentos en el suelo, sean extraídos y absorbidos de manera eficiente. Solamente de esta manera se podrá cumplir con los requerimientos para cada etapa fisiológica y productividad del cultivo.

Los resultados de los análisis químicos de las muestras de suelo de cada finca se encuentran detallados en los cuadros 12 y 13.

Cuadro 12. Condiciones de macro elementos en suelos de las tres fincas estudiadas.

Muestra	CICE <sup>ξ</sup> cmol/kg	pH	M.O		N total	P	K	Ca	Mg	S
			%							
				-----'ppm'-----						
Zamorano	23.02	7.47	3.23	0.16	722	660	3800	280	20	
Comayagua	16.95	6.70	1.87	0.09	132	840	2510	270	19	
La Sabana A	29.53	5.92	4.27	0.21	20	274	4450	790	25	
La Sabana B	40.01	6.30	5.17	0.26	8	298	5600	1350	9	
La Sabana C	38.52	6.77	7.02	0.35	7	272	5950	970	12	

<sup>ξ</sup> CICE = Capacidad de intercambio cationica efectiva

Cuadro 13. Condiciones de micro elementos en suelos de las tres fincas estudiadas.

Muestra	Cu	Fe	Mn	Zn	B
Zamorano	5.0	293	199	19.0	0.45
Comayagua	4.0	128	308	2.0	0.62
La Sabana A	3.2	114	107	1.1	2.30
La Sabana B	4.7	77	80	1.1	0.30
La Sabana C	3.2	76	116	1.3	0.80

Estos valores se compararon con los rangos adecuados para cada caso y se interpretaron según los parámetros reportados por Gauggel 2004 (Cuadro 14).

El pH del suelo en Zamorano esta demasiado alcalino ya que se encuentra por encima del rango que tolera la papaya. Existe deficiencia de nitrógeno total, a pesar que la materia orgánica se encuentra en el rango adecuado para el cultivo. La capacidad de intercambio cationica efectiva (CICE) y azufre están en el nivel adecuado. Se detectó deficiencia del elemento boro, mientras que los elementos restantes (P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn y Zn) se encuentran en niveles altos (Cuadro 14).

En el caso de Comayagua, el pH del suelo se encuentra cerca del límite superior del rango adecuado para el cultivo; en el futuro esto puede incrementar más y representar un problema para asimilación de nutrientes. La materia orgánica, nitrógeno total y azufre están deficientes, cinc y boro se encuentran en niveles adecuados y los elementos restantes (P, K, Ca, Mg, Cu, Fe y Mn) están en niveles altos (Cuadro 14).

La muestra A de la Sabana fue una muestra compuesta del lote nuevo y vieja; ambas están en producción. El pH, CICE, materia orgánica, nitrógeno, fósforo, azufre y boro están en niveles adecuados. Existe deficiencia de cinc mientras que los elementos potasio, calcio, magnesio, cobre, hierro y manganeso se encuentran en niveles altos (Cuadro 14).

Por otro lado las muestras B y C fueron tomados de lotes que no están en producción, pero que se piensa sembrar en unos meses. Para los dos, las condiciones son similares con la excepción del pH (adecuado en muestra B y alto en muestra C) y manganeso (adecuado en muestra B y alto en muestra C). Existe deficiencia de P, S, Zn y B. La CICE, materia orgánica y los elementos restantes (K, Ca y Cu) se encuentran en niveles altos (Cuadro 14).

Cuadro 14. Interpretación de los análisis de suelos para las tres fincas

Condición	Fincas				
	Zamorano	Comayagua	La Sabana A	La Sabana B	La Sabana C
pH	A <sup>º</sup>	A	O	O	A
CICE	O	B	O	A	A
M.O	O	B	O	A	A
N	B	B	O	O	O
P	A	A	O	B	B
K	A	A	A	A	A
Ca	A	A	A	A	A
Mg	A	A	A	A	A
S	O	B	O	B	B
Cu	A	A	A	A	A
Fe	A	A	A	O	O
Mn	A	A	A	O	A
Zn	A	O	B	B	B
B	B	O	O	B	B

<sup>º</sup>A = Alto B = Bajo O = Optimo

### 5.7 Análisis foliar

La deficiencia de nutrientes en tejido vegetal induce síntomas específicos en la planta, afectando la tasa fotosintética y rendimiento. Es por esta razón que se realizan los análisis foliares, para estimar la absorción de nutrientes por la planta ya que los requerimientos de nutrientes por este cultivo es alta (Cuadro 15)

Cuadro 15 Requerimientos de nutrimentos a nivel de pecíolos.

Elemento	Limitante	Bajo	Óptimo		Alto	
	2	1	1	2	1	2
	-----%-----					
N	<0.65	0.80-1.00	1.01-2.50	1.25-1.45	>2.50	>1.33
P	<0.07	0.18-0.21	0.22-0.40	0.16-0.25	>0.40	>0.98
K	<0.22	2.80-3.20	3.30-5.50	2.22-3.61	>5.50	>3.61
Ca	<0.51	<1.00	1.00-3.00	0.73-0.93	>3.00	>0.93
Mg	<0.14	<0.40	0.40-1.20	0.14-0.97	>1.20	>0.97
S	<0.33	<0.30	0.30-0.80	0.33-0.92	>0.80	>0.92
	-----'ppm-----					
B	<16.0	<20.0	20.0-30.0	16.0-25.0	>30.0	>25.0
Cu	<6.4	<4.0	4.0-10.0	6.4-11.8	>10.0	>11.8
Fe	<69.0	20.0-24.0	25.0-100.0	69.0-90.0	>100.0	>90.0
Mn	<1.0	10.0-19.0	20.0-150.0	1.0-24.0	>150.0	>24.0
Zn	<13.0	10.0-14.0	15.0-40.0	13.0-22.4	>40.0	>22.4

1 Jones *et al.* (1991) 2 Embrapa Mandioca e Fruticultura (2000)

Los resultados de los análisis foliares de pecíolos se encuentran a continuación en el cuadro 16

Cuadro 16 Resultados del análisis foliar para las tres fincas estudiadas

Muestra	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn	B
	-----%-----						-----'ppm-----				
Zamorano	1.66	0.59	6.18	0.66	0.21	0.31	3	57	15	24	27
Comayagua	1.65	0.36	6.16	0.76	0.27	0.34	6	31	28	25	34
La Sabana A	0.87	0.10	0.86	1.35	0.81	0.14	6	84	34	32	23
La Sabana B	0.86	0.20	2.22	0.78	0.56	0.24	4	41	25	64	21

Para la condición de Zamorano, se detecta deficiencias de calcio, magnesio, cobre y manganeso en pecíolos, aunque en el suelo estos nutrientes se encuentran en una cantidad adecuada. Esto puede ser provocado por el horizonte compactado en los primeros 20 cm de suelo; la intercepción por las raíces de la planta disminuye porque ocupa menos volumen de suelo y no puede extraer estos elementos de manera eficiente. Los niveles de nitrógeno, azufre, hierro, cinc y boro se encuentran en niveles adecuados, mientras que los elementos restantes (P y K) se encuentran en niveles altos (Cuadro 17).

En Comayagua, se detecta deficiencias en los elementos de calcio y magnesio aunque en el suelo estos se encuentran en cantidad alta. Esto se puede atribuir a que las muestras fueron tomadas durante el mes de octubre, con mucha lluvia y humedad relativa alta, que impidió la absorción de estos nutrientes. Los elementos potasio y boro tienen niveles altos mientras que todos los demás elementos (N, P, S, Cu, Fe, Mn y Zn) se encuentran en niveles adecuados (Cuadro 17).

En el caso de la muestra A de La Sabana, se tomó pecíolos del lote viejo (>3 años), que ya está en la última etapa de producción para comparar los resultados con las del nuevo lote. En las dos existen deficiencias de nitrógeno, fósforo, potasio, y azufre; sin embargo, limitaciones de calcio se encuentran solamente en el lote nuevo (muestra B).

Las deficiencias de fósforo, calcio, potasio y azufre en el lote nuevo, se deben a que en La Sabana existe un problema serio con nemátodos del genero *Rotylenchulus* que dañan a las raíces e impide su capacidad de absorción de nutrientes. En cuanto al lote viejo, las raíces ya han perdido su capacidad óptima para extraer nutrientes. Esto se comprueba con los resultados del suelo en donde fósforo, potasio, calcio y azufre están en una cantidad alta en el suelo, no así en la planta. La deficiencia de nitrógeno se encuentra a nivel de suelo y pecíolos en ambos lotes. Los elementos magnesio, cobre, hierro, manganeso, y boro se encuentran en niveles adecuados. Cinc se encuentra en niveles adecuados en la muestra A pero alto para la muestra B (Cuadro 17).

Cuadro 17 Interpretación de los análisis foliares para las tres fincas

Condición	Fincas			
	Zamorano	Comayagua	La Sabana A	La Sabana B
N	O <sup>φ</sup>	O	B	B
P	A	O	B	B
K	A	A	B	B
Ca	B	B	O	B
Mg	B	B	O	O
S	O	O	B	B
Cu	B	O	O	O
Fe	O	O	O	O
Mn	B	O	O	O
Zn	O	O	O	A
B	O	A	O	O

<sup>φ</sup>A = Alto B = Bajo O = Óptimo

En síntesis la condición de suelos y nutricional de las tres zonas estudiadas, se resumen en el cuadro 18. Se puede apreciar condiciones de deficiencias nutricionales en las tres zonas.

Cuadro 18. Condición de factores abióticos en las tres fincas

Fincas	pH	Suelo	Nutrientes
Zamorano	Alto	Deficiente	Deficiencia moderada
Comayagua	Medio	Adecuado	Deficiencia leve
La Sabana A	Óptimo	Deficiente	Deficiencia severa
La Sabana B	Alto	Deficiente	Deficiencia severa

### 5.8 Diagnóstico de la biodisponibilidad de nutrientes

En el cuadro 19 se encuentra la biodisponibilidad de nutrientes de las fincas estudiadas que fue elaborada con los datos de las condiciones de suelo y nutricionales de plantas.

Cuadro 19. Biodisponibilidad de nutrientes para las tres fincas estudiadas.

Finca	Nutrientes			
	Deficiente	Bajo	Adecuado	Alto
Zamorano	--	Ca, Mg, Mn, Cu	S, B, N	P, K, Fe, Zn
Comayagua	--	Ca, Mg	N, P, S, Cu, Fe, Mn, Zn	K, B
La Sabana A	--	N, P, K, S	Ca, Mg, Cu, Fe, Mn, Zn, B	--
La Sabana B	--	N, P, K, Ca, S	Mg, Cu, Fe, Mn, B	Zn

Donde existen deficiencias, hay que aplicar fertilizantes. Cuando la biodisponibilidad de nutrientes es baja, la fertilización es deficiente y se debe subir la dosis. Cuando es adecuada, significa que el suelo esta balanceado y casi todo lo que se aplica de fertilizante es utilizado por la planta. En este caso, dejar el programa de fertilización tal como esta y monitorear la biodisponibilidad de los nutrientes mediante análisis de suelos periódicas. En el caso de biodisponibilidad alta, se debe bajar la dosis de fertilizantes.

### 5.9 PCR para fitoplasmas

Ninguna muestra resultó positivo para fitoplasmas, utilizando los primers P1 y P7 y el control positivo de Coco (1-ALC-Gua-35). Este resultado se puede deber a que la papaya tiene un contenido alto de látex y otros compuestos que inhiben la reacción de PCR o que las plantas no estaban infectados por un fitoplasma.

### 5.10 PCR para Papaya Bunchy Top

Ninguna muestra resulto positivo para rickettsias (Papaya Bunchy Top). La muestra del control positivo había estado en congelación por cinco años y es posible que sucediera lo siguiente:

- No se amplificó la muestra del control positivo porque el ADN ya estaba degradado, invalidando los resultados de este análisis.
- Las muestras recolectadas no estaban infectadas por una rickettsia.

## 6. CONCLUSIONES

La producción de papaya en Honduras, en el 2005, esta afectada principalmente por plagas y deficiencias nutricionales y no tanto por enfermedades como se había encontrado en las plantaciones establecidas en el 2000.

La producción orgánica de papaya en Zamorano fue muy exitosa y donde se encontró la incidencia mas baja de enfermedades y plagas. En contraste, la producción mas baja fue en la finca La Sabana (Costa Norte).

No se observaron los síntomas de la enfermedad “punta de lápiz”, reportada como el problema principal en las plantaciones establecidas antes del 2004. Tampoco se encontraron síntomas del Virus de la Mancha Anular de la Papaya (Papaya Ringspot Virus) ni de la enfermedad conocida como el cogollo arrepollado (Papaya Bunchy Top), causado por una *rickettsia*.

Los análisis moleculares para detectar fitoplasmas y *rickettsias* (Cogollo arrepollado - Papaya Bunchy Top), resultaron negativos. Estas pruebas pueden dar falsos negativos ya que la reacción de PCR depende de la calidad del ADN extraído. El látex y otros compuestos presentes en la planta de papaya pueden inhibir la reacción de PCR, por lo que es necesario optimizar el protocolo de extracción para este cultivo.

El desarrollo del manual viene a llenar un espacio en el manejo del cultivo, ya que a pesar de los intentos por VIFINEX/OIRSA de fomentar programas de cultivos no tradicionales, los resultados en Comayagua fueron desastrosas, mientras que en Zamorano se ha comprobado que el manejo orgánica de papaya si puede ser exitosa.



## 7. RECOMENDACIONES

Continuar con el estudio de la determinación del agente causal de la enfermedad de etiología desconocida, denominada la “punta de lápiz” de la papaya que posiblemente es causado por un fitoplasma.

Para futuros diagnósticos moleculares, se recomienda pedir controles positivos y primers nuevos para Papaya Bunchy Top y para el fitoplasma causante de la Papaya Yellow Crinkle.

Implementar programas de control de nemátodos en las fincas El Guanacastal y La Sabana. El uso de extracto de flor de muerte, Paecilomyces (hongo entomopatógeno), melaza y el uso de productos químicos puede ayudar en el control.

Realizar aplicaciones de *Trichoderma harzianum* para el control *Phytophthora palmivora*.

Ajustar el pH de suelos en Zamorano y La Sabana con aplicaciones de ácidos orgánicos o productos a base de azufre respectivamente.

Aunque en este estudio no se observaron infecciones virales, para los países en donde si es un problema serio se recomienda implementar obras de plasticultura para proteger al cultivo.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

Chia, C. L. 1989. The papaya industry in Hawaii. Proceedings of the Papua New Guinea First International Fruit Conference. Bala, A.A. Rebaul, Department of Agriculture and Livestock and PNG Fruit and Vegetable Advisory Board. 121-128p

Chiriboga, G. 2000. Caracterización del cultivo de papaya como producto potencial para exportación, con énfasis en el diagnóstico molecular y serológico de enfermedades. Tesis Ing. Agro. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Honduras. 51 p

Davis, M. J; Kramer, J. B; Ferwerda, F. H; Brunner, B. R. 1996. Association of a bacterium and not a phytoplasma with papaya bunchy top disease. *Phytopathology* 86: 102-109

Davis, M. J; Ying, Z; Brunner, B. R; Pantoja, A; Ferwerda, F. H. 1997. Rickettsial relative associated with Papaya Bunchy Top Disease. *Curr Microbiology* 33:123-128

Deng S y Hiruki D. 1991. Amplification of 16S rRNA genes from culturable and non-culturable mollicutes. *Journal of Microbiological Methods* 14: 53-61.

Duarte, O. 2005. Producción de Cultivos Perennes. Escuela Agrícola Panamericana. Zamorano. Honduras.

Elvir, F. 2004. Detección de los Virus Mosaico y Mancha Anular del Papayo en *Carica papaya* L. en Comayagua, Honduras. Tesina de maestría. Montecillo. Texcoco. México. 48 p

FAO. 2005. Primary crops statistics database. Publicación electrónica disponible en: <http://faostat.fao.org/faostat/servlet/XteServlet3?Areas=%3E862&Items=600&Elements=51&Years=2004&Format=Table&Xaxis=Years&Yaxis=Countries&Aggregate=&Calculate=&Domain=SUA&ItemTypes=Production.Crops.Primary&language=EN>

Gauggel, C. 2004. Interpretación de análisis de suelos. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Honduras.

Gonsalves, D; Gonsalves, C; Ferreira, S; Pitz, K; Fitch, M; Manshardt, R; Slightom, J. 1998 Transgenic virus resistant papaya: From hope to reality for controlling Papaya Ringspot Virus in Hawaii. Publicación en línea disponible en: <http://www.apsnet.org/online/feature/ringspot/>

Infoagro. 2004. El Cultivo de Papaya. Publicación en línea consultada el 21 de Noviembre 2004. Disponible en:

[http://www.infoagro.com/frutas/frutas\\_tropicales/papaya.htm](http://www.infoagro.com/frutas/frutas_tropicales/papaya.htm)

Ibar, L. 1979. El cultivo del aguacate, chirimoya, mango y papaya. Editorial Aedos. Barcelona. España. p 151-171

Jaco, A; Ávila, O. 2005. Producción orgánica de papaya en Zamorano. Escuela Agrícola Panamericana. Zamorano. Honduras.

Jones, J. B; Wolf, B.; Mills, H. A. 1991. Plant Analysis Handbook: A practical sampling, preparation, analysis and interpretation guide. MicroMacro Publishing. Athens, GA. 213 p

National Agriculture Statistics Service. 2005. Hawaii Papayas. United States Agriculture Department. Honolulu. Hawaii. Libro electrónico consultada 18 de Octubre 2004. Disponible en: <http://www.nass.usda.gov/hi/fruit/xpap0805.pdf>

Nishijima, W. T; Ohr, H. D; Ploetz, R. C; Rohrbach, K. G; Zentmyer, G. A. 1994. Compendium of Tropical Fruit Diseases. Minnesota. USA. APS Press. 88 p

Palmieri, M; Vergara, L; Sanchez, G; Sullivan, G; Weller, S; Parrott, W; Deom, M. 1998. Genetic Transformation of “Solo” Type Papaya for Resistance to Papaya Ringspot Virus. Resumen electrónica consultada el 25 de Septiembre 2005. Disponible en: [http://www.ag.vt.edu/ipmcrsp/annrepts/annrep01/ar01guat\\_ab.htm](http://www.ag.vt.edu/ipmcrsp/annrepts/annrep01/ar01guat_ab.htm)

Samson, J. A. 1991. Fruticultura Tropical. Trad. por Beatriz Gurza. Editorial Limusa. México. 396 p

Schneider. B; Seemüller, E; Smart, C; Kirkpatrick, B. C. 1995. Phylogenetic classification of plant pathogenic mycoplasma-like organisms or phytoplasmas. In: Razin, R y Tully, J. G. Eds. Molecular and Diagnostic Procedures in Mycoplasma. Vol I, San Diego, USA. Academic Press: 369-80.

Thomas, S. 2005. Dominican Republic Biotechnology Annual. Foreign Agricultural Service GAIN Report, consultada el 25 de Septiembre 2005. Disponible en: <http://www.fas.usda.gov/gainfiles/200507/146130317.doc>

VIFINEX. 2002. Practicas Fitosanitarias en el cultivo de Papaya *Carica papaya* tipo Solo para exportación. Honduras. Libro electrónico consultada el 12 de Septiembre 2004. Disponible en: <http://www.oirsa.org/Publicaciones/VIFINEX/Manuales/Manuales-2002/Honduras/Papaya-Honduras.htm>

## 9. ANEXOS

### Anexo 1. Efecto de micorrizas vesículo - arbusculares (Mycoral®) en la producción de papaya.

#### ▪ **Introducción**

Durante cuatro meses (junio – septiembre 2005) se realizó un estudio para determinar los factores que afectaban a la papaya en Honduras. Como parte del estudio se hizo una breve descripción de los sistemas de producción en las tres fincas que fueron estudiados. Estas fincas se encontraban en las localidades de: Zamorano, Comayagua y La Lima. Según los datos recolectados de las fincas se pudo observar diferencias significativas en las tres fincas, las cuales serán discutidas en más detalle mas adelante.

#### ▪ **Sistemas de Producción**

##### **Valle del Yeguaré, Zamorano. Zona II, Lote Orgánica, Francisco Morazán**

Zamorano se encuentra a una elevación de 800 msnm con una temperatura media de 23.22°C, precipitación de 1,103 mm/año y una humedad relativa anual que no sobrepasa el 75%. Las lluvias se concentran en cuatro meses del año: junio, julio, septiembre y octubre. Sin embargo, pueden caer lluvias en los meses de mayo y agosto.

El lote de producción tenía ocho meses (después de transplante) al momento de la evaluación, mide ± una manzana, y está compuesto por 17 hileras sembradas con papaya de la variedad Tainung II y una fila con la variedad Sunrise Solo. Del total de 18 hileras, las primeras siete fueron tratadas con *Trichoderma harzianum*, las siguientes siete tratadas con micorrizas (Mycoral®) y los últimos cuatro no tenían tratamiento. La siembra se realizó en hilera simple, a una distancia de 1.5 m entre plantas y 3.8 m entre camas. El manejo es orgánico con enmiendas de gallinaza y bocashi como fertilizantes.

##### **Comayagua, Finca El Guanacastal, Comayagua**

Comayagua tiene una elevación entre 550 -700 msnm con una temperatura media de 27.6°C, precipitación de 116.9 mm/año y una humedad relativa media de 69.2% por año. La lluvia en esta zona se concentra en seis meses: mayo-octubre. Situado en el camino hacia la Escuela Normal de Comayagua, esta finca posee no más de  $\frac{3}{4}$  de manzana sembrada con papaya de la variedad Tainung II.

La siembra fue en hilera simple con una distancia de 3 m entre plantas y 3 m entre camas. La finca tenía 13 meses (después de transplante) al momento de la evaluación y esta

diversificada incluyendo la producción de cultivos aparte de papaya como: chive, guayaba Tai, guayaba millennium, berenjena china y berenjena hindú. El manejo es extensivo con aplicaciones semanales de insecticidas.

### **La Lima. La Sabana, Cortés:**

La Sabana se encuentra en el municipio de La Lima. Esta zona tiene una elevación de 76 msnm, temperatura media de 27.04°C, precipitación de 642.68 mm/año y una humedad relativa media de 75.3% por año. Los meses de junio – octubre son las que generalmente presentan la mayor cantidad de precipitación, sin embargo, puede haber lluvias en los meses de mayo y noviembre.

El total de extensión de la finca es de 10 manzanas, pero en producción se encuentra  $\pm$  cuatro manzanas con la variedad Maradol. La siembra fue en doble hilera con distancias de 1.5 m entre plantas, 1.5 m entre hileras y 3.6 m entre camas. Antes de establecer los lotes de papaya se había sembrado aguacate y espárrago. Se realiza aplicaciones semanales de una mezcla foliar que incluye lo siguiente: fertilizante foliar, urea, ácido salicílico y detergente. Las plántulas fueron inoculadas con micorrizas (Mycoral®) presiembra y al momento de transplante.

#### **▪ Observaciones**

En el estudio realizado no se tomaron datos estadísticos de la producción en las fincas. Sin embargo se tomo como observación la carga de fruta, el tamaño de la fruta, diámetro del tallo y altura de la planta, en 10 plantas al azar (Tabla 2). En menor grado se comparo la incidencia de patógenos en las fincas para determinar el vigor de las plantas (Tabla 1).

En Zamorano, se observó que las plantas inoculadas con Mycoral® (siete hileras) tenían una mejor altura, mejor carga de frutas, diámetro del tallo mas grande, frutas mas grandes y de mejor calidad (Imágenes 1-6); también se observó que esta finca presentó la incidencia mas baja de patógenos (Tabla 1).

En Comayagua donde no se realizo un tratamiento con micorrizas, las plantas eran de altura variable, la carga de frutas era reducida (Imagen 7) y la finca tenia una incidencia moderada de patógenos (Tabla 1).

La situación en La Sabana fue muy diferente a la de Zamorano. En el caso de esta finca, la aplicación de Mycoral® se realizó en dos etapas diferentes; presiembra y al momento del transplante en campo. Los resultados en semillero (presiembra) fueron excelentes, las plántulas tuvieron un vigor notable al momento del transplante. Sin embargo, después del transplante (Imagen 8), los resultados no fueron exitosas (baja carga de frutas, altura de planta variable y tamaño de fruta variable) debido a tres factores limitantes: la presencia de nemátodos del género *Rotylenchulus* en poblaciones muy por encima de su nivel critico, la textura pesada del suelo (arcilloso) y la presencia de un horizonte del suelo (40 cm) que pasa en condiciones reducidas debido a anegamiento de agua. La incidencia de patógenos en esta finca fue severa (Tabla 1).

Tabla 1. Incidencia de patógenos en las tres fincas estudiadas.

Tipo de Patógeno	Síntomas	Agente causal	Incidencia		
			Zamorano	Comayagua	Costa Norte
Hongos	Pudrición de la raíz	<i>Phytophthora palmivora</i>	--	--	Media
	Pudrición poscosecha	<i>Colletotrichum gloesporioides</i>	Leve	--	--
Bacterias	--	--	--	--	--
Rickettsias	--	--	--	--	--
Virus	Muerte apical	Virus de Necrosis Apical ( <i>Rhabdovirus</i> )	--	--	Baja
Nemátodos	Enanismo	<i>Rotylenchulus sp.</i>	--	Alta	Alta
	Enanismo	<i>Meloidogyne sp.</i>	Alta	--	--
	Enanismo	<i>Pratylenchus sp.</i>	Alta	--	--



Imagen 1. Plantas con Mycoral® en Zamorano



Imagen 2. Plantas sin micorrizas en Zamorano.



Imagen 3. Diámetro del tallo de plantas con Mycoral® en Zamorano.



Imagen 4. Diámetro del tallo de plantas sin micorrizas en Zamorano.



Imagen 5. Carga de fruta en plantas con Mycoral® en Zamorano.



Imagen 6. Carga de fruta en plantas sin micorrizas en Zamorano.



Imagen 7. Plantas de papaya sin micorrizas en Comayagua.



Imagen 8. Planta de papaya con Mycoral® en La Sabana.

Según los datos tomados de 10 plantas al azar, en hileras del tratamiento con micorrizas y sin micorrizas (Tabla 2 y 3), se ha determinado que las plantas tratadas con Mycoral® fueron las de mejor rendimiento: sin micorrizas (525 frutos con un promedio de 52.5 frutos/planta) y con Mycoral® (725 frutos con un promedio de 72.5 frutos/planta). La diferencia entre los dos tratamientos (200 frutos) y los rangos de producción de cada tratamiento (sin micorriza = 25 – 85 frutos/planta) y (con Mycoral® = 35 – 90 frutos/planta), demuestra el efecto positivo que tiene el Mycoral® sobre este cultivo.

Tabla 2. Número de frutos en plantas sin el tratamiento de micorrizas.

<b>Muestra</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>Frutos/planta</b>
1	Sin Micorrizas	85
2	Sin Micorrizas	72
3	Sin Micorrizas	40
4	Sin Micorrizas	40
5	Sin Micorrizas	38
6	Sin Micorrizas	40
7	Sin Micorrizas	25
8	Sin Micorrizas	60
9	Sin Micorrizas	45
10	Sin Micorrizas	80
	<b>Total</b>	<b>525</b>
	<b>Promedio</b>	<b>52.5</b>

Tabla 3. Número de frutos en plantas con el tratamiento de micorrizas.

<b>Muestra</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>Número de frutos</b>
1	Con Micorrizas	75
2	Con Micorrizas	75
3	Con Micorrizas	90
4	Con Micorrizas	35
5	Con Micorrizas	60
6	Con Micorrizas	75
7	Con Micorrizas	85
8	Con Micorrizas	75
9	Con Micorrizas	70
10	Con Micorrizas	85
	<b>Total</b>	<b>725</b>
	<b>Promedio</b>	<b>72.5</b>

#### ▪ Conclusiones

En Zamorano se ha notado una diferenciada marcada entre los tratamientos dado a las plantas. Durante la etapa de crecimiento vegetativo las plantas con micorriza, siempre tenían mayor altura y diámetro de tallo.

Durante la etapa reproductiva, las diferencias entre las plantas se mantuvieron muy notables. Como se nota en las figuras 1-8 las plantas tratadas con micorrizas tenían mas carga de fruta, mayor altura de planta, mayor diámetro del tallo y la distribución de estas características era uniforme en la mayoría de las plantas.



## Anexo 2: Protocolo Doyle & Doyle modificado por Harrison, para la extracción de ADN.

1. Coloque en un mortero aproximadamente 0.1 g del tejido a extraer y agregar 600  $\mu$ l de buffer CTAB 1.
2. Agregue 0.1 g de arena de cuarzo ultra pura y macerar el tejido con un pistilo.
3. Transfiere el líquido a un tubo de microcentrifuga de 1.5 ml.
4. Incube a 65°C por 15 min.
5. Agregue (igual volumen) 600  $\mu$ l de cloroformo: alcohol isoamílico 24:1, mezclar bien.
6. Centrifugue a 12,000 rpm por 10 min.
7. Transfiere el sobrenadante a otro tubo microcentrifuga, evitando la interfase.
8. Agregue 1/10 del volumen (que se encuentre en el tubo) de buffer CTAB 2.
9. Repite los pasos 5, 6 y 7.
10. Agregue 2/3 del volumen (que se encuentre en el tubo) de isopropanol frío, mezclar bien.
11. Centrifugue a 12,000 rpm por 10 min.
12. Decante el líquido cuidando de no botar el precipitado de ADN.
13. Deje secar al aire o en una incubadora.
14. Resuspende el precipitado en 100  $\mu$ l de buffer TE alto en sal.
15. Agregue 250  $\mu$ l de etanol frío al 95% (se puede dejar a 4°C toda la noche para obtener una mejor precipitación del ADN).
16. Centrifugue a 12,000 rpm por 10 min.
17. Repite el paso 12.
18. Agregue 500  $\mu$ l de etanol frío al 70%.
19. Centrifugue a 12,000 rpm por 10 min.
20. Repite los pasos 12 y 13.
21. Resuspende el precipitado en 50  $\mu$ l de agua destilada estéril o en buffer TE estéril 0.2X.
22. Almacene a 4°C.

**Soluciones utilizadas:**

<b>Buffer CTAB 1</b>		
<b>Reactivo</b>	<b>Para 250 ml</b>	<b>Concentración final</b>
Bromuro de certiltrimetilamonio (CTAB)	5.00 g	2 %
Cloruro de Sodio (NaCl)	20.45 g	1.4 M
Na <sub>2</sub> EDTA 2 H <sub>2</sub> O, pH 8.0 (soln. 0.5 M)	1.46 g	20 mM
Tris- HCl, pH 8.0 (soln. 1 M)	25.0 ml	1M
Polivinil pirrolidona (PVP 40)	2.50 g	1%
β-mercapto-etanol (C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> OS)	500 µl	0.2%

Disuelva los reactivos (con excepción del β-mercapto-etanol) en 200 ml de agua destilada con poca agitación y calor moderado. Afore a 250 ml y deje enfriar para ajustar el pH a 8.0. Esterilice en autoclave por 20 minutos a 120°C y 15 psi. Deje enfriar y agregue el β-mercapto-etanol (use guantes y mascarillas, agregarlo en una campana o afuera del laboratorio). Almacene a temperatura ambiente o en incubadora a 65°C.

<b>Buffer CTAB 2</b>		
<b>Reactivo</b>	<b>Para 250 ml</b>	<b>Concentración final</b>
Bromuro de certiltrimetilamonio (CTAB)	25.00g	10 %
Cloruro de Sodio (NaCl)	10.22 g	0.7 M
Na <sub>2</sub> EDTA 2 H <sub>2</sub> O, pH 8.0 (soln. 0.5 M)	1.46 g	20 mM
Tris- HCl, pH 8.0 (soln. 1 M)	25.0 ml	1M
Polivinil pirrolidona (PVP 40)	2.50 g	1%
β-mercapto-etanol (C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> OS)	500 µl	0.2%

Disuelva los reactivos (con excepción del β-mercapto-etanol) en 200 ml de agua destilada con poca agitación y calor moderado. Afore a 250 ml y deje enfriar para ajustar el pH a 8.0. Esterilice en autoclave por 20 minutos a 120°C y 15 psi. Deje enfriar y agregue el β-mercapto-etanol (use guantes y mascarillas, agregarlo en una campana o afuera del laboratorio). Almacene a temperatura ambiente o en incubadora a 65°C.

<b>Cloroformo : Alcohol Isoamílico (24:1)</b>		
<b>Reactivo</b>	<b>Para 100 ml</b>	<b>Concentración final</b>
Cloroformo (CHCl <sub>3</sub> )	96 ml	24
Alcohol Isoamílico (C <sub>5</sub> H <sub>12</sub> O)	4 ml	1

Mezcle dentro una campana o en afuera del laboratorio (recuerde usar mascarilla y guantes). Guarde en un frasco de vidrio y almacene a temperatura ambiente.

<b>Buffer TE alto en sal</b>		
<b>Reactivo</b>	<b>Para 100 ml</b>	<b>Concentración final</b>
Tris-HCl, pH 8.0 (soln. 1 M)	2 ml	10 mM
Na <sub>2</sub> EDTA 2 H <sub>2</sub> O, pH 8.0 (soln. 0.5 M)	200 µl	1 mM
Cloruro de sodio (soln. 5 M)	20 ml	1M

Mezcle los reactivos en 80 ml de agua destilada. Afore a 100 ml y esterilice en autoclave por 20 minutos a 120°C y 15 psi. Almacene a 4°C.

<b>Buffer TE</b>		
<b>Reactivo</b>	<b>Para 100 ml</b>	<b>Concentración final</b>
Tris-HCl, pH 8.0 (soln. 1 M)	1.0 ml	10.0 mM
Na <sub>2</sub> EDTA 2 H <sub>2</sub> O, pH 7.4 (soln. 0.5 M)	200 µl	1.0 mM

Mezcle los reactivos en 80 ml de agua destilada. Afore a 100 ml y esterilice por autoclave. Almacene a 4°C.

<b>Etanol 95% y 70%</b>				
<b>Reactivo</b>	<b>Para 100 ml</b>		<b>Concentración final</b>	
Etanol absoluto (ETOH)	95 ml	70 ml	95%	70%
Medir etanol en una probeta graduado y afore a 100 ml con agua destilada. Almacene a 4°C.				

### Anexo 3: Protocolo para cuantificar ADN utilizando el fluorómetro Hoefer® DyNA Quant® 200.

1. Colocar 2 ml de buffer de cuantificación en un recipiente cúbico (cuvette) limpio y calibrar el fluorómetro a cero.
2. Agregar 2 µl de muestra de ADN al buffer cuantificador.
3. Mover ligeramente el cubo para mezclar la muestra.
4. Colocar el cubo en la celda del fluorómetro y leer la concentración de ADN en ng/ml.
5. Vaciar el cubo, enjuagarlo con agua destilada y airearlo un poco antes de colocar la siguiente muestra. Siempre limpie el cubo con toallas suaves Kimwipes® antes de colocarlo en el fluorómetro.

#### Soluciones utilizadas:

Buffer TNE 10x	
Reactivo	Para 1000 ml
TRIS Base	12.1 g
Na <sub>2</sub> EDTA 2 H <sub>2</sub> O	3.7 g
Cloruro de Sodio (NaCl)	58.4 g
Disolver los reactivos en 800 ml de agua destilada en un beaker de 1 litro. Regular el pH a 7.4 con HCl. Transfiere la solución a un frasco volumétrico o frasco ámbar y afore hasta 1000 ml. Almacenar a 4°C.	

Buffer TNE 1x	
Reactivo	Para 500 ml
TRIS Base 10x	50 ml
Agua destilada	450 ml
Transfiere la solución 10x a un frasco volumétrico o frasco ámbar y afore hasta 500 ml. Almacenar a 4°C.	

Solución Concentrado de Tintura (Dye)	
Reactivo	Para 100 ml
Dye bis Benzimide Hoechst 33258	100 mg
Agua destilada	100 ml
Disolver el dye en los 100 ml de agua destilada. Guardar en un frasco ámbar. Almacenar a 4°C.	

Buffer de Cuantificación	
Reactivo	Para 100 ml
Solución concentrado de tintura	10 µl
Buffer TNE 1x	100 ml
Mezclar bien y guardar en un frasco ámbar. Almacenar a 4°C.	

## Anexo 4: Cálculos para amplificación de ADN (PCR)

<b>Master Mix</b>		
<b>Reactivo</b>	<b>μl</b>	<b>Concentración final</b>
ADN	0.7	N/A
Tampón (soln. 10X)	1.0	1 X
Nucleótidos (soln. 10X)	1.0	1 X
Cloruro de Magnesio (soln. 50 mM)	0.4	2 mM
Primer 1	0.3	N/A
Primer 2	0.3	N/A
Taq polimerasa	0.07	N/A
Agua destilada estéril	6.23	N/A
<b>Volumen final</b>	<b>10 μl</b>	<b>N/A</b>

<b>Dideoxynucleótidos 10X (dNTP's)</b>	
<b>Reactivo</b>	<b>μl</b>
D ATP	10
D CTP	10
D GTP	10
D TTP	10
Agua destilada estéril	460
<b>Volumen final</b>	<b>500</b>

<b>Primers u Oligonucleótidos</b>	
<b>Reactivo</b>	<b>μl</b>
Solución madre de 1 μg/μl	1
Agua destilada estéril	39
<b>Volumen final</b>	<b>40</b>

### Anexo 5: Protocolo para restituir primers

1. Centrifugar el tubo a 14,000 rpm por 15 segundos para concentrar el cebador y recolectar cualquier producto que pudo haberse quedado en las paredes.
2. Medir el rendimiento del cebador en el tubo para hacer la solución madre de 100  $\mu\text{M}$  (Ejemplo:  $65.1 \text{ nmol} * 10 = 605.1 \mu\text{l}$ ).
3. Preparar la solución madre agregando la misma cantidad anterior (605.1  $\mu\text{l}$ ) de buffer TE 0.1x.
4. Prepare la solución de trabajo de 10  $\mu\text{M}$  utilizando la siguiente formula:  $V_i = C_f \times V_f / C_i$

Ejemplo:  $V_i = [10 \mu\text{M} \times 100 \mu\text{l}] / 100 \mu\text{M}$

$V_i = 10 \mu\text{l}$  (de solución madre @ 100  $\mu\text{M}$ ) + 90  $\mu\text{l}$  (de buffer TE 0.1x)  
para hacer una solución de trabajo de 100  $\mu\text{l}$

## Anexo 6: Reactivos para electroforesis

<b>Agarosa 0.9%</b>	
<b>Reactivo</b>	<b>Para 100 ml</b>
Agarosa (low melting point)	0.9 g
Buffer TBE 0.5x	100 ml
Mezclar la agarosa con el buffer TBE 0.5x. Agregue calor y deje hervir y aclarar. Remueve el calor y dejar bajar la temperatura hasta poder tocar el frasco con la mano. Verter en los moldes y deje gelificar.	

<b>Escalera Molecular 1 Kb</b>	
<b>Reactivo</b>	<b>Para 100 µl</b>
Promega®1 Kb DNA ladder	10 µl
6x Buffer de Carga	20 µl
Agua destilada estéril	70 µl

<b>Buffer TBE 10x</b>	
<b>Reactivo</b>	<b>Para 500 ml</b>
TRIS Base	54 g
Acido Bórico	27.5 g
Na <sub>2</sub> EDTA 2 H <sub>2</sub> O	2.42 g
Mezclar los reactivos en 400 ml de agua destilada y afora a 500 ml.	

<b>Buffer TBE 0.5x</b>	
<b>Reactivo</b>	<b>Para 1000 ml</b>
Buffer TBE 10x	50 ml
Agua Destilada	950 ml
Mezclar bien el buffer con el agua destilada. Después de cada corrida marcar el frasco con una x para saber el número de veces que se ha utilizado. Cambie el buffer cuando empiecen a salir dobladas las bandas o el tiene una coloración azul intensa (debido al buffer de carga).	

### Anexo 7: Protocolo para tinción de geles

1. Póngase guantes de látex y saque la gel del tanque de electroforesis.
2. Sumerge el gel en la solución de bromuro de etidio por 10 minutos.
3. Retire el gel de la solución con mucho cuidado y colocar en el transiluminador.
4. Revise que se haya teñido el gel, encendiendo el transiluminador y utilizando gafas protectoras para ver las bandas. Si no se ha teñido bien, colóquela 5 minutos más en la solución de bromuro.
5. Apague el transiluminador, baje la tapa y vuelve a encenderlo.
6. Ajuste el tiempo de exposición de la cámara (en segundos), mediante el software Kodak® EDAS® 290 y tome la foto.
7. Edite la foto y guárdelo con un nombre X, luego exportarlo a formato jpeg.

<b>Bromuro de Etidio 1mg/ml</b>	
<b>Reactivo</b>	<b>Para 100 ml</b>
Bromuro de Etidio	10 $\mu$ l
Agua Destilada	100 ml
Para la preparación use guantes de látex ya porque es un producto cancerígeno. Agregar el bromuro de etidio al agua destilada y mezclar esta solución en el contenedor designado para ella. Mantenga el contenedor tapado para proteger la solución de degradación por la luz. Se puede cubrir en contenedor con papel aluminio para una mejor protección contra luz.	



### Anexo 8: Protocolo de extracción de nemátodos por el método de centrifugación y flotación en agua azucarada.

1. Tome 100 gr. de suelo.
1. Viértalos en el tamiz #20, que debe estar ubicado sobre el recipiente recolector.
2. Abre la llave de agua hasta lograr una presión alta para que el suelo sea lavado a través del tamiz. Deshaga los terrones que queden sobre el tamiz y elimine los residuos retenidos (tenga cuidado de no derramar o sobrellenar el recipiente recolector).
3. Deje en reposo la suspensión obtenida por 1.5 minutos.
4. Pase la solución a través del tamiz #400 con cuidado de no derramar solución fuera del tamiz, ni verter el sedimento. No es necesario recolectar el agua que pase a través del tamiz.
5. Concentre los nematodos en el tamiz lavando primero con es frasco lavador, las paredes del tamiz y luego de afuera hacia adentro, el fondo del tamiz. Se recogen los nematodos de modo que quede bien limpio el tamiz.
6. Recolecte los nematodos en un tubo de ensayo, lavando los nematodos a través de un embudo. Cuide de no rebalsar el tubo de ensayo.
7. Centrifugue por dos minutos a 2,200 rpm.
8. Bote el sobrenadante dejando en el tubo solamente el sedimento que contiene los nematodos.
9. Con el dedo elimine los residuos que quedan en la parte superior del tubo.
10. Vierta sobre el sedimento, solución azucarada en una cantidad de un poco mas de la mitad del tubo.
11. Cubra el tubo y agítelo hasta disolver el sedimento.
12. Centrifugue nuevamente por dos minutos a 2,200 rpm.
13. Pase el sobrenadante a través de una esquina del tamiz #400, cuidando de no verter el sedimento.
14. Remueva rápidamente a los nematodos en solución de agua azucarada hasta que el agua deja de salir amarilla.
15. Recolecte los nematodos en un tubo de ensayo a través del embudo.

Anexo 10. Imágenes de calicatas de las tres fincas estudiadas.



Imagen 9. Calicata analizada en Zamorano.



Imagen 10. Calicata analizada en Comayagua.



Imagen 11. Calicata A analizada en La Sabana.



Imagen 12. Calicata B analizada en La Sabana.



Imagen 13. Moteado del suelo encontrado en la calicata de B de La Sabana.