

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA

Determinación de bacterias fitopatógenas en cultivos de papaya (*Carica papaya*) en
finca
La Estancia, municipio de La Libertad, Petén, Guatemala

Helen Sophia Cano Alfaro

Química Biológica

Guatemala, febrero del 2006

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS Y FARMACIA

Determinación de bacterias fitopatógenas en cultivos de papaya (*Carica papaya*) en
finca la Estancia. La Libertad, Petén

Informe de Tesis

Presentado por

Helen Sophía Cano Alfaro

Para optar al título de

Química Bióloga

Guatemala febrero de 2006

Índice

	Página
I. Resumen	1
II. Introducción	3
III. Antecedentes	4
A. Generalidades	4
B. Generalidades de la papaya	5
1. Descripción botánica	5
a) Flor masculina	6
b) Flor femenina	6
c) Flor hermafrodita	7
d) Variedad de papayas	7
i. Solo	8
ii. Maradol	8
e) Factores edafoclimáticos	9
i. Temperatura	9
ii. Altitud	9
iii. Luz	9
iv. Precipitación	10
v. Vientos	10
vi. Suelos	10
C. Características del área de estudio	10
1. Localización	10
2. Límites y extensión	11
3. Vías de acceso	11
4. Climatología	11
5. Topografía	12
6. Fuentes hídricas	12
7. Suelos	12
8. Zona de vida	13
9. Humedad relativa	13
10. Flora	13
11. Fauna	13
12. Uso actual del suelo	15
D. Diagnóstico de las enfermedades de las plantas	16
1. Enfermedades infecciosas	16
E. Bacterias fitopatógenas	19
1. Géneros y aspectos más frecuentes	19
2. Síntomas producidos por bacterias	21
F. Medios bacteriológicos	22
IV. Justificación	23
V. Objetivos	25
VI. Hipótesis	26
VII. Materiales y métodos	27
A. Universo y muestra	27
B. Materiales y equipo	27
C. Metodología	30
1. Reconocimiento del área geográfica	30

2.	Observación de Síntomas	30
3.	Características del cultivo	30
4.	Observación del flujo bacteriano	30
5.	Suspensión de bacterias	31
6.	Siembra de bacterias	31
7.	Selección de colonias	32
8.	Tinción de bacterias	32
9.	Identificación de bacterias	32
10.	Diseño estadístico	33
VIII.	Resultados	34
IX.	Discusión de resultados	37
X.	Conclusiones	39
XI.	Recomendaciones	40
XII.	Referencias	41
XIII.	Anexos	43

I. RESUMEN

Se realizó un estudio en plantaciones de papaya (*Carica papaya*) de la finca La Estancia, ubicada en el municipio de La Libertad, Petén, para determinar la presencia de bacterias fitopatógenas, las cuales se desarrollan principalmente como organismos parásitos en las plantas hospederas y parcialmente en el suelo como saprófitos.

Se analizaron 114 árboles de papaya, incluyendo muestras de raíz, tallo y fruto, para identificar los géneros bacterianos *Pseudomonas* sp., *Xantomonas* sp., *Agrobacterium* sp, *Erwinia* sp. y *Corynebacterium* sp, que se consideran los principales patógenos que afectan a las plantas. Al mismo tiempo se relacionó la sintomatología que presentaban los frutos de papaya con el género bacteriano identificado.

Para la identificación de bacterias se tomaron muestras de 114 árboles de papaya cultivados en la finca, se observaron los síntomas de infección y las características del cultivo. Se tomaron muestras de raíz, tallo y fruto y se diseccionaron para obtener una suspensión, la cual se sembró en agar nutritivo. Se observó el crecimiento y se efectuaron cultivos puros de las colonias características. Posteriormente se realizó una tinción de Gram, y a las colonias de bacilos Gram negativo se les aplicó una marcha bacteriológica específica para la identificación de bacterias fitopatógenas. Las colonias de bacilos Gram positivo se sembraron en agar *Corynebacterium*, para identificar dicho género bacteriano.

Como resultado se obtuvo en raíz, 16 muestras positivas de bacterias (14.04%), los cuales correspondieron a *Erwinia* sp., *Corynebacterium* sp. y *Xantomonas* sp. en un 9%, 2% y 3%. En tallo no se encontraron bacterias fitopatógenas, pero en fruto se obtuvo 61.4% de bacilos gram negativo, correspondientes a *Erwinia* sp.

Al final del estudio se descartó la presencia de *Pseudomonas* y *Agrobacterium*, en la plantación de papaya estudiada. Dado que la presencia de *Xantomonas* y *Corynebacterium*, en las muestras de raíz fue mínima, no se puede inferir que exista infección. Finalmente se identificó a *Erwinia* sp. como responsable de los síntomas observados en los frutos de papaya de la finca La Estancia y su presencia se atribuyó a insectos portadores de la bacteria y prácticas agrícolas inadecuadas en el manejo del cultivo.

II. INTRODUCCION

La papaya (*Carica papaya*) es una especie de mucha importancia en los trópicos por el alto rendimiento y valor nutritivo de su fruto, además que su cultivo presenta una serie de ventajas como: alta precocidad -ya que comienza a producir antes del primer año de cultivo, cosecha en forma escalonada debido a que el fruto se desarrolla de abajo hacia arriba y en esa misma secuencia, se presenta la maduración y por último, la fruta es muy apetecida por su agradable sabor (1).

Se han identificado algunas zonas ecológicas adecuadas para el cultivo de papaya, tales como la costa del Pacífico, en los departamentos de Retalhuleu, Suchitepéquez, Escuintla, Santa Rosa, Quetzaltenango y San Marcos; en la región Oriental los departamentos de Jutiapa, Zacapa, Chiquimula, El Progreso e Izabal y en la Región Norte, el departamento de Petén (2).

La papaya se cultiva en Guatemala en traspatios de las casas del área rural y también por pequeños agricultores para el autoconsumo, así como a nivel comercial. En Petén, el cultivo se perfila como uno de los que reúne mayores ventajas para su exportación ya que es la única región del país y tercero en América Latina que ha sido reconocido internacionalmente como área libre de mosca del mediterráneo. La rentabilidad del cultivo es muy alta; sin embargo, en Guatemala no se ha logrado alcanzar el máximo rendimiento del cultivo debido a la alta incidencia de plagas y enfermedades, incluyendo bacterias fitopatógenas; desconocimiento de buenas prácticas agrícolas y de manufactura; problemas de mercadeo nacional e internacional y poca importancia que se le ha dado en su investigación, comparada con otros productos tropicales. Por esta razón fue de suma importancia la determinación de bacterias fitopatógenas en cultivos de papaya para completar un buen manejo fitosanitario y de esta manera obtener la admisibilidad para exportar este producto y por ende, beneficiando al país a través de la generación de hémelo e ingreso de divisas (3).

III. ANTECEDENTES

A. Generalidades

La mayoría de las bacterias fitopatógenas se desarrollan principalmente como organismos parásitos en las plantas hospederas y parcialmente como saprófitos en el suelo; sin embargo, hay grandes diferencias entre especies, en cuanto al grado de desarrollo en uno u otro ambiente (4). La mayoría de las especies fitopatógenas son bacilos Gram negativo y pertenecen a los géneros *Pseudomonas*, *Xantomonas*, *Erwinia* y *Agrobacterium*. Los pocos ejemplos de bacilos Gram positivo que afectan a las plantas pertenecen al género *Corynebacterium*. Las infecciones causadas por bacterias fitopatógenas generalmente se manifiestan por síntomas como clorosis, enanismo, marchitamiento, necrosis, pudrición, sarnas y agallas o tumores, que ocasionan grandes pérdidas en cultivos comerciales (5).

De los trabajos de tesis de licenciatura en ciencias agrícolas de la Universidad del Valle de Guatemala; Universidad Rafael Landívar y Universidad de San Carlos de Guatemala, el único documento relacionado con la determinación de bacterias fitopatógenas en cultivo de papaya, fue la realizada por Corado en 1999, por el procedimiento de tinción de Gram (6).

El inventario de los problemas fitosanitarios de los principales cultivos de la república de Guatemala realizado por el Proyecto Regional de Manejo Integrado de Plagas, del CATIE, en 1985 (3), menciona estudios realizados en cultivo de papaya para la determinación de enfermedades producidas por hongos tales como la Antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides*), enfermedades producidas por virus como la enfermedad del Virus del Mosaico y, enfermedades producidas por nemátodos e insectos. Un segundo estudio, realizado por el Viceministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, sobre Plagas asociadas al cultivo de papaya (*Carica papaya*), mencionan hongos, artrópodos, nemátodos y virus como

plagas identificadas en los cultivos; sin embargo, en los estudios citados, no se reportan bacterias fitopatógenas como agentes causales de enfermedades (3, 7, 8).

Al igual que en Guatemala, las autoridades responsables de la Sanidad Vegetal de México, Nicaragua y El Salvador, donde también se cultiva papaya, no reportan investigaciones realizadas acerca de bacterias fitopatógenas. Un aspecto fundamental detectado en este trabajo es el hecho que de acuerdo a las consultas realizadas con profesionales de experiencia en fitoprotección en Guatemala, es que no existe un laboratorio especializado en la determinación de bacterias fitopatógenas en el país (7).

B. Generalidades de la papaya

Esta planta y su fruta se conocen por varios nombres: papaw, lechosa, mamoneiro y fruta bomba; es originaria de América tropical (México y Centroamérica), aunque actualmente se encuentra distribuida en los trópicos y subtrópicos del mundo (1).

1. Descripción botánica

La papaya es una planta semileñosa que puede alcanzar de 8 a 10 metros de altura, es una dicotiledónea de tronco hueco y de madera carnosas. La corteza de la planta es lisa o ligeramente rugosa y de color parduzco; está siempre marcada por las cicatrices que dejan las hojas al caer, y, cuando se corta alguna parte de la planta, exuda un jugo lechoso claro (1).

En la parte apical se desarrollan constantemente nuevas hojas, y a medida que el tallo va creciendo, las hojas viejas maduran y caen; este fenómeno deja libre el espacio en que ha de desarrollarse el fruto. Las hojas son lisas, palmeadas y normalmente con siete lóbulos de color verde oscuro en el haz y verde claro en el envés (1).

El crecimiento comienza a detenerse luego de tres o cuatro años, las hojas y frutas disminuyen de tamaño y tienden a secarse, sin embargo, en condiciones favorables, la planta podría vivir entre 15 y 20 años. A nivel comercial no se recomienda tener la plantación más de dos años debido a que la planta adquiere una altura que dificulta las labores de cultivo, aumentan los problemas fitosanitarios y disminuye el rendimiento (2).

La planta posee flores masculinas, femeninas y hermafroditas, siendo importante reconocer algunas características propias de cada tipo de flor (1).

a) Flor masculina

La corola está formada por cinco pétalos que a la vez forman un largo tubo fino. En el cuello o al final del tubo hay diez estambres colocados en una doble serie de cinco cada una, la flor posee un pequeño pistilo rudimentario el cual no tiene estigma. Estas flores crecen en largos pedúnculos, formando racimos o ramilletes. Normalmente no produce frutos, pero existen casos en que el ovario se desarrolla y se encuentran plantas con frutas alargadas y pequeñas que cuelgan del pedúnculo (1).

b) Flor femenina

La corola tiene cinco pétalos, el ovario es grande, globoso y su ápice termina en cinco estigmas sésiles en forma de abanico. La flor carece de estambres y si a veces los tiene, éstos son rudimentarios y no funcionan. Ésta flor, para fecundarse, depende del polen de flores masculinas o hermafroditas. La fruta es esférica, oblonga u ovoidal, de gran tamaño y en la base presenta una cicatriz en forma de pentágono, que la diferencia de frutos de plantas hermafroditas (1).

c) Flor hermafrodita

Bajo este nombre se clasifican tres tipos de flores que dan origen a diferentes tipos de frutas:

- Pentandria: La corola se compone de cinco pétalos unidos en la base, el ovario es globoso y con cinco lóbulos, tiene cinco estambres con largos filamentos adheridos a la base de la corola que alternan con los pétalos. Los estigmas alcanzan menor desarrollo que las femeninas. La fruta es ovoidal con surcos longitudinales marcados por los estambres (1).
- Elongata: La corola está formada por cinco pétalos unidos más o menos a una tercera parte de su longitud. Tiene diez estambres colocados en dos series de cinco cada una, adheridos al tubo de la corola. La fruta es de forma cilíndrica alargada y en algunos casos piriforme (1).
- Intermedia irregular: Tipo intermedio en las dos anteriores, sus pétalos están o unidos o en una tercera parte de su longitud o más. El número de estambres puede variar de 5 a 10 y están colocados irregularmente en el tubo de la corola, a veces los filamentos de los estambres se funden con la pared del ovario para causar irregularidades y formas distintas (1).

d) Variedades de papaya

La complejidad de sexos, múltiples combinaciones florales, facilidad de cruzamiento por viento o insectos, hacen difícil mantener la pureza de las variedades, si no se toman precauciones. Una variedad pierde su identidad en dos o tres generaciones; sin embargo, se puede evitar que ésto suceda mediante polinización controlada. Por otra parte se logra mayor homogeneidad usando variedades que posean sólo flores hermafroditas, o desarrollar mediante investigación algún método de

reproducción asexual, que mantenga las características deseables de la variedad. A continuación se presentan las características de algunas variedades (1, 2).

i. Variedad Solo:

También llamada Hawaiana, es quizá la más conocida en el mundo. El fruto tiende a ser pequeño (450 g.), periforme a oblongo y de excelente sabor (1).

Las plantas poseen sólo flores hermafroditas que generalmente se autofecundan; el polen se derrama sobre los estigmas con la corola cerrada, evitando la llegada de polen extraño. Esto favorece un mejoramiento eficaz de la variedad mediante la selección de árboles progenitores deseables (1).

Esta variedad presenta varias líneas, como la "Sunrise Solo", "Kapoho", "Waimanalo", con rendimientos entre 40 y 60 toneladas métricas por Ha. Existen otras líneas seleccionadas de esta variedad, como la "Solo 5", la "Solo 8" y la "Solo 10"; también hermafroditas, con frutos en forma de pera, que pesan alrededor de 400 gramos (1).

ii. Variedad Maradol:

Es una variedad cubana. El árbol es de porte relativamente bajo y los frutos son medianos. La pulpa y cáscara son muy firmes, lo que hace a la fruta resistente al transporte; generalmente poseen forma alargada y tamaño mediano, lo que facilita el empaque; el peso máximo del fruto puede ascender a 2.8 Kg. Tienen muy buen sabor y alto contenido de azúcares. El tamaño de la cavidad central de la fruta es pequeño, sobre todo en frutos de las plantas hermafroditas y el

pedúnculo es corto. Existen dos tipos de frutas respecto al color de la pulpa, la roja y la amarilla (1).

La variedad tiene una proporción de 67% de plantas hermafroditas y 33% de plantas hembras en sus descendientes. No existen plantas machos y en las plantas hermafroditas predomina la forma elongada (1).

e) Factores Edafoclimáticos

i. Temperatura:

La papaya es una especie mucho más tolerante a temperaturas bajas que otras especies tropicales. El árbol puede resistir heladas ligeras cuando no es muy joven; sin embargo, temperaturas bajas retardan el crecimiento y reducen la cosecha dando frutos faltos de color e insípidos debido al bajo contenido de azúcares, y de menor tamaño. Se cultiva con éxito en lugares donde la temperatura alcanza promedios entre los 22 y 26 °C (9).

ii. Altitud:

La altura más recomendable oscila entre 0 - 600 metros. El límite superior es de 900 metros, pero a esa altura los frutos tienden a ser insípidos.

iii. Luz:

Cuando no reciben suficiente luz, los frutos son insípidos y la pulpa es más pálida, las plantas tienden a crecer altas y delgadas, y retardan la entrada a floración (9).

iv. Precipitación:

Crece bien en climas de abundante lluvia, pero no soporta inundaciones o agua estancada; sin embargo, es suficiente una precipitación anual de 1800 a 2500 cc bien distribuidos durante todo el año (9).

v. Vientos:

Debe evitarse la siembra en áreas con fuertes vientos, debido a que éstos causan ruptura de las hojas, caída de flores y frutos y hasta volcamiento de la planta (9).

vi. Suelos:

Buen contenido de materia orgánica, profundos y sueltos; no deben tener capas compactas hasta mínimo un metro de profundidad y que el nivel freático no exceda este límite: han dado buenos resultados suelo arcillo-arenosos, bien drenados y que a la vez retengan humedad. El pH adecuado está entre 6 y 7 (9).

C. Características del área de estudio

1. Localización

La comunidad de “La Estancia”, se encuentra localizada en aldea “Los Manueles”, en la región suroeste del Parque Nacional Sierra del Lacandón (PNSL) dentro de la Zona de Uso Especial, en el municipio de La Libertad, Departamento de Petén a ciento treinta y siete kilómetros de la Cabecera Departamental vía terrestre – Ruta Bethel, con un rango de altura de 152 metros sobre el nivel del mar. La finca “La Estancia” está ubicada

en las siguientes coordenadas: Latitud Norte: 16° 49'07" y Longitud Oeste: 90° 34'58" (10).

2. Límites y Extensión

La finca "La Estancia", limita al Norte con el parcelamiento "La Poza del Macho", al Noreste con el parcelamiento "Tierra Linda Zapotal", al Este con finca privada de Jorge Carlos Martínez, al Sur y Sureste con finca "La Caoba", al Suroeste con el parcelamiento Los Chorros (actualmente Vista Hermosa), también al Suroeste, Oeste y Noroeste con el parcelamiento La Mendoza. Cuenta con una extensión territorial delimitada de 6,720.62 Ha (104.7 Caballerías) (10).

3. Vías de Acceso

Existen dos vías de acceso por vía terrestre: La primera es por medio de la ruta que conduce a Bethel, cruzando a mano derecha en "Los Manueles" a una distancia de 95 Kilómetros de la cabecera municipal y a 137 kilómetros de la cabecera departamental. La segunda es por medio de la ruta que conduce al Naranja – Frontera, cruzando a mano izquierda en "La Poza del Macho" a una distancia de 85 Kilómetros de la cabecera municipal y a 127 kilómetros de la cabecera departamental (10).

4. Climatología

El clima general de la región es cálido y húmedo, como el resto de Petén. La época de lluvias normalmente ocurre en la segunda mitad del año y se destaca una marcada estación seca entre los meses de enero a mayo. La particularidad climática de la finca, que se encuentra dentro del Parque Nacional Sierra del Lacandón, con relación a otras áreas de la Reserva de la Biosfera Maya, es su elevada precipitación. Esta condición se debe probablemente a la existencia de una gran extensión de bosque

con alto potencial de evapotranspiración y su relieve marcado. A pesar de que no ha existido un sistema de registro sistemático de datos meteorológicos a largo plazo dentro del Parque, datos tomados entre 1968 y 1981 en la estación meteorológica Aforo (actualmente sede distrital Yaxchilán) reportan una precipitación promedio anual de 1,822 mm, con una máxima de 2,527 mm (en 1981) y una mínima de 1,481 mm (en 1968). La temperatura promedio anual es de 26.3 °C (10).

5. Topografía

Corresponde a la formación de “áreas de bajos”, que se anegan durante el invierno y se encuentra en la “Planada de Yaxchilán” del Bajo Laguna Mendoza (10).

6. Fuentes Hídricas

Dentro de la finca se encuentra una laguna que le denominan “La Trescientos”, midiendo aproximadamente 1 caballería y una poza denominada “pozo maya” que se encuentra a 4 metros de una laguneta que está a la par y que mide aproximadamente 20 Mz, la que cuando crece el nivel de agua abastece a la poza por medio de un canal natural. También se cuenta con un pozo mecánico, que se encuentra en el casco de la finca y es ésta agua la que se destina para todos los usos que se dan en la finca como: riego, limpieza, fumigaciones, consumo humano, etc (10).

7. Suelos

Con base en la clasificación de reconocimiento de suelos de la República de Guatemala de Simmons, et al. (10), el suelo de la finca se clasifica como sub grupo “A” dentro del tipo “Suelos de Bosques”, éste se caracteriza por poseer suelos profundos, bien drenados, constituyéndose

por tres series de suelos: Quinil, Sebol y Sotz, que se encuentran predominantemente en la parte Sur y Oeste de Petén, el declive predominante en ellos es menor del 10% (10).

8. Zona de vida

Se encuentra dentro de la Zona de Vida *Bosque Húmedo Sub-tropical cálido* (BhSc) del sistema Holdridge. Esta zona de vida se caracteriza por tener un clima generalmente cálido y húmedo con variaciones anuales de temperatura y precipitación. Estas condiciones permiten que se desarrolle una selva tropical siempre verde de latifoliadas (10).

9. Humedad relativa

La humedad relativa máxima llega a 100 % en el mes de diciembre y las mínimas de 36 % y se da en el mes de abril y el promedio anual es de 68 % (10).

10. Flora

La vegetación natural existente en la zona esta constituida principalmente por árboles y arbustos que se presentan en la tabla 1.

11. Fauna

El área tradicionalmente es hábitat de muchas especies amenazadas o en peligro de extinción y que se encuentran en los listados de CITES (Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Flora y Fauna Silvestres), entre las que destacan el jaguar, el puma, el ocelote, el margay, el tapir, el oso hormiguero, mono aullador, el mono

araña, el águila arpía, la guacamaya roja y el cocodrilo. También por estar dentro del PNSL, es rico en especies cinérgicas tales como tepezcuintle, coche de monte, venado cola blanca, pajuil, iguanas y tortugas entre otros (10), (tabla 2).

Tabla 1. Especies arbóreas de la finca La Estancia, La Libertad, Petén

Nombre común	Familia	Nombre científico
Aceituno	Simarubaceae	<i>Simarouba amara</i>
Canchán	Combretaceae	<i>Terminalia amazonia</i>
Caoba	Meliaceae	<i>Swietenia macrophylla</i>
Cedro	Meliaceae	<i>Cedrela odorata</i>
Cedrillo hoja grande	Meliaceae	<i>Guarea excelsa</i>
Chacal blanco	Burseraceae	<i>Bursera graveolens</i>
Chechen blanco	Euphorbiaceae	<i>Sebastiania longicuspis</i>
Chechen negro	Anacardeaceae	<i>Metopim brownei</i>
Chicozapote/Chicle	Sapotaceae	<i>Manilkara chicle</i>
Guano	Arecaceae	<i>Sabal mexicana</i>
Guapaque	Caesalpinaceae	<i>Dialium guianensi</i>
Guarumo	Cecropiaceae	<i>Cecropia peltata</i>
Papaturro	Polygonaceae	<i>Coccoloba barbadensis</i>
Pita floja	Bromeliaceae	<i>Bromelia sp.</i>
Pimienta	Myrtaceae	<i>Pimienta dioica</i>
Pucté	Combretaceae	<i>Bucida burseras</i>
Ramón negro	Moraceae	<i>Brosimun panamensis</i>
Ramón blanco	Moraceae	<i>Brosimun alicastrum</i>
Ramón oreja de mico	Moraceae	<i>Brosimun costaricanun</i>
San Juan	Vochysiaceae	<i>Vochysia guatemalensis</i>
Santa María	Guttiferae	<i>Callophyllum brasiliense</i>
Son	Rubiaceae	<i>Alseis yucatanenses</i>
Sufricay	Annonaceae	<i>Malmea depressa</i>
Tamarindillo	Caesalpinaceae	<i>Dialium guianensi</i>
Tinto	Nyctaginaceae	<i>Haematoxylon</i>
<i>campechiana</i>		
Tzol	Sapindaceae	<i>Blomia prisca</i>
Xate	Arecaceae	<i>Chamaedorea sp.</i>
Zapote	Sapotaceae	<i>Pouteria sapota</i>
Zapote bobo	Bombacaceae	<i>Pachira aquatica</i>
Zapotillo hoja fina	Sapotaceae	<i>Pouteria reticulata</i>

Fuente: plan maestro del PNSL (Parque Nacional Sierra del Lacandón), 1999

Tabla 2. Especies de fauna en la finca La Estancia, La Libertad, Petén

Nombre común	Nombre científico
Jaguar	<i>Pantera onca</i>
Puma	<i>Felis concolor</i>
Ocelote	<i>Felis pardalis</i>
Margay	<i>Felis weidii</i>
Tapir, Danto	<i>Tapirus bairdii</i>
Oso hormiguero	<i>Tamandua tetradáctila</i>
Mono ahullador	<i>Alouatta palliata</i>
Mono araña	<i>Ateles geoffroyi</i>
Saraguato	<i>Alouatta pigra</i>
Aguila arpía	<i>Harpia harpyja</i>
Cocodrilo	<i>Crocodylus moreletti</i>
Guacamaya roja	<i>Ara macao</i>
Tepezcuintle	<i>Agouti paca</i>
Coche de monte de collar	<i>Tayassu tajacu</i>
Coche de monte de labio blanco	<i>Dicotyles pecari</i>
Venado cola blanca	<i>Odocoileus virginianus</i>
Cabrito, Huitzizil (venado pequeño)	<i>Mazama americana</i>
Pajuil	<i>Crax rubra</i>
Pizote	<i>Nasua narica</i>
Micoleón	<i>Potos flavus</i>
Ardilla	<i>Sciurus sp.</i>
Taltuza, topo, tuza	<i>Orthogeomys sp.</i>
Perico ligero	<i>Eira barbara</i>
Iguana verde	<i>Iguana iguana</i>
Tortuga	<i>Trachemys scripta</i>
Lagartija	<i>Ameiva sp.</i>
Cutete	<i>Norops sp.</i>
Culebra	<i>Coniophanes sp.</i>
Masacuata	<i>Boa constrictor</i>
Falso coral	<i>Lampropeltis triangulum</i>
Coral	<i>Micrurus sp.</i>
Barba amarilla	<i>Bothrops asier</i>

Fuente: Base de datos del PNSL (Parque Nacional Sierra del Lacandón)

12. Uso actual del suelo

En la tabla 3 aparece la información sobre el uso actual del suelo en la finca. El área agrícola corresponde a los terrenos en donde ya se ha removido el bosque y que en la actualidad se encuentran con agricultura o pastos.

Tabla 3. Superficie y porcentaje de uso actual del suelo de la finca La Estancia, La Libertad, Petén.

USO ACTUAL	SUPERFICIE (ha.)	PORCENTAJE (%)
Bosque en planicie	634.34 mz	9.44
Bosque bajo	150 mz	2.23
Cultivo de hule	540 mz	8.03
Cultivo de rambután	20 mz	0.30
Cultivo de limón persa	16 mz	0.24
Cultivo de papaya	10.65 mz	0.16
Cultivo de palma africana	8 mz	0.12
Cultivo de chicozapote	12 mz	0.18
Cultivo de Guayaba	6 mz	0.09
Cultivo de Carambola	4 mz	0.06
Cultivo de Pitahaya	2.15 mz	0.03
Potreros	5,000 mz	74.4
Caminos	50 mz	0.74
Cuerpos de agua	108 mz	1.61
Otros	159.48 mz	2.37
TOTAL	6,720.62	100

Fuente: Base de datos del PNSL

D. Diagnóstico de las enfermedades de las plantas

Para diagnosticar la enfermedad de una planta es conveniente determinar primero si la enfermedad es ocasionada por un patógeno o por algún factor ambiental. En cualquier caso, para hacer un diagnóstico correcto, es necesario hacer un examen detallado de los síntomas y un estudio de otras características aún cuando no estén relacionadas con los síntomas propios de esa enfermedad (5).

1. Enfermedades infecciosas

Las enfermedades ocasionadas por patógenos, se caracterizan por la presencia de éstos en la superficie de sus plantas hospederas o dentro de ellas. La presencia activa de esos patógenos en la superficie de una planta

podría indicar que son la causa de la enfermedad. En algunos casos su detección e identificación puede lograrse a simple vista, (figura 1), o mediante examen microscópico (en el caso de hongos, bacterias y nemátodos). Si no hay patógenos en la superficie de las plantas enfermas, será necesario buscar entonces síntomas adicionales y en especial, signos que se encuentran dentro de la planta enferma. Por lo común, esos patógenos están en los límites de los tejidos infectados, en los tejidos vasculares, en la base de la planta y en las raíces o sobre ellas (5).

Actualmente en Guatemala el diagnóstico de una enfermedad bacteriana y la identificación de la bacteria que la ocasiona, se basa principalmente en los síntomas de la enfermedad, debido al elevado costo de los análisis bacteriológicos y la falta de laboratorios dedicados a esta especialidad en la rama agrícola, (figura 2). Sin embargo un diagnóstico por sintomatología puede conducir a controles equivocados, ya que en cualquier parte de una planta enferma pueden encontrarse miles de bacterias y aún cuando pueden observarse en el microscopio carecen de características morfológicas distintivas que faciliten su identificación. Por lo tanto, se debe tener precaución al hacer el diagnóstico, para eliminar la posibilidad de que las bacterias observadas sean saprófitas, esto es, que se desarrollen en los tejidos muertos que fueron destruidos por cualquier otra causa. La forma más segura de comprobar que la bacteria observada es el patógeno, consiste en aislarla y hacerla crecer en un cultivo puro, utilizar una sola colonia para reinocular una planta hospedera susceptible y reproducir los síntomas de la enfermedad, para verificar que es el mismo patógeno (5).

Fig. 1. Síntomas de antracnosis en plantaciones de papaya de



finca La Estancia, La Libertad, Petén

Fig. 2. Manchas acuosas en papaya Maradol, atribuidas a bacterias por
sintomatología atípica de enfermedades causadas por virus y hongos
fitopatógenos



Finca La Estancia, La Libertad, Petén

E. Bacterias fitopatógenas

1. Géneros y especies más frecuentes

Las bacterias fitopatógenas presentan una forma celular baciliforme, rígidas o ligeramente curvas, con una prominente pared celular y poseen un metabolismo aeróbico o anaerobio facultativo. La mayoría de las especies son Gram negativo y pertenecen a los géneros *Pseudomonas*, *Xanthomonas*, *Erwinia* y *Agrobacterium*. Los pocos ejemplos Gram positivo pertenecen a *Corynebacterium*, *Nocardia* (sólo una especie) y *Streptomyces*. Son capaces de crecer en medios de cultivos relativamente simples (4).

Los géneros Gram negativo se diferencian primeramente por la disposición de los flagelos y según el tipo de metabolismo de los carbohidratos (necesidades de oxígeno). Las especies de *Erwinia* son anaeróbicas facultativas; en ausencia de oxígeno presentan capacidad fermentativa de carbohidratos. Además, poseen flagelos peritricos (flagelos alrededor de la célula). Los otros tres géneros Gram negativo son estrictamente aerobios, con un metabolismo oxidativo de carbohidratos y carentes de habilidad fermentativa: *Xanthomonas* spp. presenta un solo flagelo polar; *Pseudomonas* spp. tiene uno o varios flagelos polares y *Agrobacterium* spp. presenta flagelos sub-polares o peritricos (4, 5).

Entre los géneros Gram positivo, las especies fitopatógenas de *Corynebacterium* spp. son corineformes (células pleomórficas; células con formas de V, L y arreglos similares a una empalizada), pero no tan característica como en el caso de las especies que afectan a los animales. Algunos son móviles, con uno y ocasionalmente hasta tres flagelos polares o sub-polares (4).

El género *Pseudomonas* representa un amplio grupo de patógenos que producen un pigmento soluble en agua, verdoso y fluorescente en medios adecuados por ejemplo, el medio B de King *et al.*, 1954 (4). Las pseudomonas fluorescentes se subdividen en cinco grupos de acuerdo a las pautas de Lelliott *et al.* (1966) (4). El grupo 1a. de *Pseudomonas* es el más importante y reúne a *P. syringae* y numerosos organismos muy similares que recibieron durante muchos años nombres específicos e individuales. Actualmente se consideran patovares de una sola especie, *P. syringae* (4).

Algunas de las especies de *Pseudomonas* no fluorescentes, por ej.: *P. solanacearum*, *P. rubrilineans*, *P. rubrisubalbicans*, *P. caryophylli*, *P. andropogonis*, producen grandes inclusiones celulares refringentes, "sudano-filicas", compuestas principalmente de poli-beta-hidroxibutiratos. Esta característica es altamente distintiva y, últimamente, ha recibido especial atención. Las especies que no forman inclusiones, constituyen un grupo muy heterogéneo, el cual requiere una especial atención (4).

Existen alrededor de 120 especies dentro del género *Xanthomonas*, indiferenciables de *X. campestris*, a nivel de pruebas de laboratorio, las cuales se han incluido como patovares de *X. campestris*. La mayoría de estos patovares producen un pigmento amarillo no difusivo (insoluble en agua) al cual, por muchos años, se le atribuyó una naturaleza carotenoide, pero actualmente se conoce que está constituido por unidades brominadas de aril-octaenos. Es un pigmento altamente específico, interesante por la presencia de bromo en su constitución, característica rara en la naturaleza y, generalmente, asociada a organismos marinos (4, 5).

El género *Corynebacterium* se subdivide en dos grupos: especies con un lento crecimiento y especies con un rápido crecimiento (5).

En términos generales las enfermedades causadas por bacterias (bacteriosis) son más importantes en las zonas cálidas, tropicales y subtropicales, que en zonas templadas (4).

Algunos patógenos son específicos para una especie de plantas, otras para cierto género, para una familia; mientras que otras tienen un rango más amplio de hospedantes, que incluyen plantas de diversos grupos taxonómicos (4).

El ciclo de la enfermedad es una serie de eventos sucesivos, más o menos distintos, que propician el desarrollo y prevalencia de la enfermedad y el patógeno. Este incluye: inoculación, penetración, establecimiento de la infección, colonización (invasión), crecimiento, reproducción, dispersión y supervivencia del patógeno en ausencia de su hospedante (12).

En el caso de las bacterias, invaden los tejidos de manera extracelular, aunque también pueden crecer dentro, cuando se disuelvan los constituyentes de la pared. Las bacterias vasculares invaden los vasos xilemáticos (13).

Las bacterias vasculares invaden sólo unos cuantos vasos de las raíces, del tallo o de la parte superior de las plantas infectadas, pero invaden la mayoría de los vasos xilemáticos en las etapas finales de la enfermedad (13).

2. Síntomas producidos por bacterias

Las bacterias fitopatógenas ocasionan el desarrollo de tantos tipos de síntomas en las plantas que infectan como los que producen los hongos. Producen manchas y tizones foliares, pudriciones blandas de frutos, raíces y órganos almacenados, marchitamientos, crecimientos excesivos, sarnas,

cánceres, etc. Cualquiera de estos tipos de síntomas puede ser producido por bacterias patógenas capaces de ocasionar distintos tipos de enfermedades; sin embargo, las especies de *Agrobacterium* sólo producen crecimientos excesivos o proliferación de los órganos. Por otra parte, los crecimientos excesivos también pueden ser producidos por ciertas especies de *Corynebacterium* y *Pseudomonas* (13).

El compendio Crop Protection (13) cita al género *Erwinia* sp., como el principal agente patógeno que afecta al fruto de papaya, sin embargo no menciona el nombre de la enfermedad.

F. Medios bacteriológicos

Las bacterias generalmente crecen mejor en medios neutros o ligeramente alcalinos. Muchas especies no crecen en los medios tradicionalmente utilizados para el cultivo de hongos. El agar nutritivo, es un medio satisfactorio para el aislamiento y mantenimiento de la mayoría de las bacterias fitopatógenas. Para mantener o guardar un cultivo, es necesario prevenir la exagerada acidificación del medio, que puede inactivar el cultivo. El medio YDC evita el desarrollo de una acidez excesiva. El agar nutritivo sucrosado es similar al agar nutritivo, pero se le agrega 5% (p/v) de sucrosa. Este medio es recomendable para el crecimiento de bacterias fitopatógenas de los géneros *Corynebacterium* y *Erwinia* del grupo *E. amylovora*. El medio de cultivo B de King se usa para detectar la presencia de *Pseudomonas* que pertenecen al grupo fluorescente (4).

IV. JUSTIFICACION

En el contexto actual de la globalización de los mercados, los países han buscado y logrado, a través de tratados comerciales, importantes acuerdos binacionales, interregionales e incluso continentales para facilitar el intercambio de productos y servicios entre ellos. Esto ha traído como consecuencia la dinamización de las actividades de importación y exportación de productos vegetales y animales. Como resultado de esta tendencia, se ha presentado un aumento considerable en número y cantidad de productos agropecuarios que se transportan de un país a otro o de un continente a otro, lo que genera incremento de movilización de plagas, enfermedades y sustancias tóxicas que puedan significar una amenaza para los cultivos, la ganadería, los recursos naturales (flora, fauna, aguas, especies acuáticas, etc.) y sobre todo la salud humana. (14, 15).

En Guatemala no se ha logrado alcanzar el máximo de utilidades que ofrece el cultivo de papaya, debido a la incidencia de plagas y enfermedades causadas por microorganismos endémicos principalmente hongos, virus y nemátodos. Tampoco se tiene conocimiento de estudios que indiquen la presencia de bacterias fitopatógenas en dichos cultivos. El diagnóstico incorrecto de las enfermedades de la papaya en Guatemala ha ocasionado, en la mayoría de los casos, gastos innecesarios en el control de las mismas, pérdidas económicas, aumento en los costos de producción y contaminación ambiental innecesaria (2).

El interés del diagnóstico en este cultivo comercial para exportación, radica en que precisamente no existe a nivel mundial información relativa a enfermedades provocadas por bacterias, mucho menos, a las especies que pudieran estar afectando, de manera incipiente, variedades de papaya introducidas y que por condiciones de suelo, temperatura, humedad o de adaptabilidad de las mismas, favorezcan el desarrollo de bacterias fitopatógenas.

Hasta la fecha no se tiene la certeza que son las causantes de frutos enfermos cuya etiología hasta el día de hoy, es desconocida, y cuyo aporte en esta investigación es su detección temprana para su control y sobre todo evitar probables epidemias a nivel nacional.

Por esta razón, la determinación de bacterias fitopatógenas en cultivos comerciales de papaya en la finca La Estancia, del municipio de La Libertad, Petén, será el inicio de una serie de estudios científicos, sustentados en diagnóstico de laboratorio, dentro del marco del Acuerdo de Aplicación de Medidas Sanitarias y Fitosanitarias de la Convención Internacional de Protección Fitosanitaria de la FAO (15-18), para transparentar el estatus fitosanitario de este cultivo en Guatemala.

V. OBJETIVOS

A. Objetivo General

Determinar la presencia de bacterias fitopatógenas en cultivos comerciales de papaya (*Carica papaya*) en la finca La Estancia, municipio de La Libertad, Petén.

B. Objetivos Específicos

1. Identificar bacterias de los géneros: *Pseudomonas*, *Agrobacterium*, *Erwinia*, *Xanthomonas* y *Corynebacterium*. en la plantación de papaya (*Carica papaya*) de la finca La Estancia, través de pruebas bacteriológicas.
2. Relacionar la sintomatología de las enfermedades presentes en la planta completa de papaya (*Carica papaya*) con las bacterias fitopatógenas identificadas.

VI. HIPÓTESIS

En las plantaciones de papaya ubicadas en la finca La Estancia, municipio de La libertad Petén, hay presencia de bacterias fitopatógenas, las cuales son la causa de defectos y pérdida de la calidad del fruto.

VII. MATERIALES Y MÉTODOS

A. Universo y Muestra

1. Universo

Plantaciones de papaya ubicadas en La finca La Estancia en el municipio de La Libertad, Departamento del Petén.

2. Muestra

Se trabajó con 114 árboles de papaya, que corresponde a más del 95% de intervalo de confianza, de los cuales se obtuvieron muestras de raíz, tallo y fruto por cada árbol.

B. Materiales y Equipo

1. Equipo

- Cámara fotográfica
- Autoclave
- Microscopio de campo oscuro
- Mechero Bunsen
- Estereoscopio
- Incubadora
- Refrigeradora
- Cámara de flujo laminar
- Estufa
- Varios (agua, luz, gas e instalaciones de laboratorio)
- Hieleras para traslado de muestras

2. Materiales y reactivos

- Refrigerante para conservación de muestras

- Bolsas de papel crac para traslado de muestras
- Bolsas de plástico para traslado de muestras
- Bisturí
- Agua desmineralizada
- Probetas
- Colorantes para tinción de Gram
- Cristal violeta
 - Cristal violeta (certificado)
 - Alcohol etílico al 95%
 - Oxalato de amonio
- Lugol de Gram
 - Cristal de yodo
 - Yoduro de potasio
- Alcohol Acetona
 - Acetona pura
 - Alcohol etílico 95%
- Safranina
 - Safranina-0 (certificada)
 - Alcohol etílico al 95%
- Lápiz de cera
- Porta objetos
- Agujas de disección
- Pinzas
- Aceite de inmersión
- Cajas de Petri descartables
- Bolsas Ziplok grandes
- Bolsas grandes para desechos
- Bolsas de papel manila
- Tubos de ensayo con tapa de rosca
- Asas en argolla
- Asas en punta

- Pipetas de 1ml, 5ml y 10ml
- Pipetas Pasteur
- Pipeteador
- Varillas de vidrio
- Gradillas
- Alcohol al 70%
- Refrigerante
- Algodón
- Guantes de látex
- Hielera
- Papel Ph

3. Medios de Cultivo

- Agar Nutritivo
 - Extracto de carne
 - Extracto de levadura
 - Peptona
 - Cloruro de Sodio
 - Agar
- Agar Nutritivo Sucrosado
 - Agar nutritivo adicionando sucrosa
- Agar YDC
 - Extracto de levadura
 - Glucosa
 - Carbonato de Calcio en polvo
 - Agar
- Agar B de King
 - Peptona, sulfato de magnesio heptahidratado
 - Glicerol
 - Fosfato ácido de potasio

C. Metodología

1. Reconocimiento del área geográfica

El estudio en referencia esta localizado en el municipio de La Libertad, Petén, en la finca La Estancia (Latitud $16^{\circ} 49'07''$, Longitud $90^{\circ} 34'58''$), (Anexo 2).

2. Observación de Síntomas

- a) Manchas
- b) Necrosis terminal
- c) Decoloración vascular
- d) Pudrición
- e) Crecimiento anormal

3. Características del cultivo

Determinación de circunstancias particulares del caso: condiciones climáticas; relieve del terreno; distribución de la enfermedad en el campo; historial de cultivos previos; aplicación de fertilizantes, insecticidas, fungicidas, nematocidas y herbicidas, a través de un reconocimiento de campo y antecedentes de la finca (4), (Anexo 3).

4. Observación del flujo bacteriano

- Se realizaron disecciones de las muestras (raíz, tallo y fruto) de 1.0 -2.0 cm de largo de una planta con marchites no muy avanzada (de lo contrario podía haber presencia de bacterias secundarias debido a una causa no bacteriana).

- Se sumergió la muestra en la parte superior de una columna de agua estéril en una probeta, (Anexo 5).
- Se esperó durante 5 – 10 minutos para que empezara a fluir un hilo de bacterias, de uno o más vasos conductores del sistema vascular, de modo que descendieran al agua y se disiparan en una nube lechosa (4).

5. Suspensión de Bacterias

- Como las bacterias se encuentran por millones en los tejidos enfermos, para preparar una suspensión sólo se requiere una porción pequeña de tejido afectado.
- Se preparó un tubo de ensayo con 5 cc de agua estéril.
- Se agregó tejido afectado y se dejó unos 10 minutos para que las bacterias se difundieran en el agua. Un buen lavado con agua corriente es suficiente, ya que si se introducen bacterias contaminantes en la superficie, no se notará entre los millones de bacterias que se encuentran en el tejido vegetal.
- Al volverse lechosa el agua, se diluyó aproximadamente 1 cc a otro tubo de agua estéril y se utilizaron ambas suspensiones para intentar el aislamiento (4), (Anexo 6).

6. Siembra de Bacterias

- Se utilizaron placas de agar nutritivo base.
- Se colocó asépticamente una gota de la suspensión bacteriana, con un asa en forma de aro a un extremo de la placa y se distribuyó la gota sobre la caja realizando un rayado típico.
- Las placas se incubaron en el laboratorio de microbiología de la facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, USAC, en posición invertida a 25°C.

7. Selección de Colonias

- Se observaron las placas diariamente. Las colonias que crecieron rápidamente se trataron como contaminantes secundarios, ya que las bacterias patógenas buscadas son de crecimiento lento.
- Las colonias de los géneros patógenos buscados son de color blancuzco, crema o amarillo.
- Se observaron las placas invertidas en un microscopio estereoscópico; anotando los inicios de colonias de crecimiento lento las cuales muestran características de relieve y distintos grados de sinuosidad marginal que no es posible ver de otra manera, éstas sirven para distinguir colonias bacterianas diferentes.
- Se realizaron cultivos puros de las posibles colonias bacterianas patógenas. El reislamiento se efectuó en agar nutritivo. Se tomó en cuenta que todas las colonias que crecieron fueran similares entre sí, de lo contrario se recomienda continuar con el proceso de purificación (4), (Anexo 7).

8. Tinción de Bacterias

Para realizar una tinción se utilizó una concentración grande pero no excesiva de bacterias. La tinción recomendada para iniciar la diferenciación de bacterias fitopatógenas es la Tinción de Gram, la cual, como en cualquier práctica bacteriológica, clasifica las bacterias en Gram positivo o Gram negativo (5).

9. Identificación de *Agrobacterium* sp., *Pseudomonas* sp., *Xanthomonas* sp., *Erwinia* sp., y *Corynebacterium* sp., (Anexos 1 y 7).

10. Diseño Estadístico

- Diseño de muestreo: Por transecta, tomando 10 transectas de "x" longitud y de cada una muestrear al azar 10 unidades.
Intervalo de confianza 95%: 1.96
Límite de error 10%
n = 96 unidades muestrales
- p = proporción de presencia de bacterias fitopatógenas
- q = proporción de ausencia de bacterias fitopatógenas
- p + q = 1.00
- p = q = 0.5
- Varianza = $\pi^2 = pq = 0.25$
- $$n = \frac{N C^2 \pi^2}{\Delta^2}$$
- Δ = Límite de error en la estimación = 10%
- n = 96 unidades muestrales por finca
- Análisis: Descriptivo, estimación de presencia o ausencia de bacterias fitopatógenas, con un intervalo de confianza del 95% de la proporción de positividad, incluyendo las tres partes del árbol.

VIII. RESULTADOS

En raíz, el 82% de las muestras no presentaban síntomas evidentes y solamente se observó pudrición en el 18% de los casos. En el tallo no se observaron síntomas. Por el contrario, en la mayoría de muestras de fruto se observaron manchas color marrón con exudación, manchas color marrón sin exudación y pudrición blanda, (tabla 4).

Tabla 4. Síntomas observados en árboles de papaya de la finca La Estancia relacionados con las bacterias identificadas.

Muestras analizadas (N=342)	Síntomas observados	No. (n=114)	No. de muestras con crecimiento inicial	Microorganismos aislados	Microorganismos identificados	No. de muestra
Raíz (n=114)	Pudrición	20 (18%)	14 (12%)	bacilos Gram negativo	<i>Erwinia</i> spp. <i>Xantomonas</i> spp.	10 (9%) 4 (3%)
			2 (2%)	bacilos Gram positivo	<i>Corynebacterium</i> spp.	2 (2%)
			5 (4%)	cocos Gram positivo	---	--
Tallo (n=114)	Sin síntomas evidentes	94 (82%)	93 (82%)	Cocos Gram positivo	---	--
	Sin síntomas evidentes	114 (100%)	---	No hubo crecimiento	---	--
Fruto (n=114)	Manchas marrón con exudación	55 (48%)	55 (48%)	bacilos Gram negativo	<i>Erwinia</i> spp.	55 (48%)
			11 (10%)	bacilos Gram negativo	<i>Erwinia</i> spp.	11 (10%)
	Manchas marrón sin exudación	15 (13%)	4 (3%)	cocos Gram positivo	---	--
			11 (10%)	4 (3%)	bacilos Gram negativo	<i>Erwinia</i> spp.
	Pudrición blanda	11 (10%)	7 (6%)	cocos Gram positivo	---	--
33 (29%)			33 (29%)	cocos Gram positivo	---	--

Fuente: datos experimentales

En los aislamientos efectuados a las muestras de raíz, se observaron en su mayoría cocos Gram positivo, seguido de bacilos Gram negativo y bacilos Gram positivo. En el tallo, no se obtuvo ningún aislamiento, (tabla 4, tabla 5).

En el fruto, en el 61.4% de las muestras se observaron bacilos Gram negativo y en el 38.6% de las mismas cocos Gram positivo, (Tabla 5).

Tabla 5 Resultados obtenidos en la coloración de Gram para muestras de raíz, tallo y fruto (N=342)

Muestra	bacilos Gram negativo	cocos Gram positivo	bacilos Gram positivo
Raíz (n=114)	12%	86%	2%
Tallo (n=114)	0%	0%	0%
Fruto (n=114)	61.4%	38.6%	0%

Fuente: datos experimentales

Finalmente, concluida la marcha bacteriológica, en muestras de raíz se identificaron en menor porcentaje, los géneros *Xantomonas*, *Corynebacterium* y en mayor porcentaje *Erwinia sp.* En fruto se identificó a *Erwinia sp.* en un 61.4% de las muestras, (Tabla 4, tabla 6 y anexo 9).

De todos los géneros identificados, el mayor porcentaje correspondió a *Erwinia sp.*, aislándose en raíz y fruto. Los otros dos géneros (*Xantomonas* y *Corynebacterium*) solamente se aislaron en las muestras de raíz, (tabla 6).

Tabla 6. Bacterias identificadas en muestras de raíz, tallo y fruto (N = 342)

Muestra	Bacterias Aisladas	No. muestras positivas	%	No. muestras negativas	%
Raíz (n=114) ¹	<i>Xantomonas sp.</i>	4	3%	98	86%
	<i>Erwinia sp.</i>	10	9%		
	<i>Corynebacterium sp.</i>	2	2%		
Tallo (n=114)	No se aislaron bacterias	---	--	---	--
Fruto (n=114) ²	<i>Erwinia sp.</i>	70	61.4%	44	38.6%

Fuente: datos experimentales

¹ IC 95%: 7.22% a 20.85%

² IC 95%: 52.03% a 70.78%

Dados los intervalos de confianza en los análisis efectuados en raíz y fruto, se infiere que en esta área estudiada se estima que en éste rango puede haber presencia de bacterias fitopatógenas, por lo que se acepta la hipótesis planteada.

XI. DISCUSION DE RESULTADOS

En las muestras de raíz y fruto, se observaron síntomas como: pudrición blanda, manchas color marrón con y sin exudación, los cuales se asocian a bacterias fitopatógenas, como lo demostraron los aislamientos donde se observaron bacilos Gram negativo. También se obtuvieron aislamientos de cocos gram positivo, los cuales se descartaron debido a que éstos no se consideran patógenos para las plantas.

El hecho de que en raíz se observaron solamente 20 muestras con síntomas de pudrición, donde se identificó a *Erwinia* sp, *Xantomonas* sp. y *Corynebacterium* sp., no asegura que sean causados por estas bacterias, debido a que el número de aislamientos fue mínimo. Este hallazgo se atribuye a contaminación por mal manejo de las muestras, haciéndose más evidente al no haberse encontrado bacterias en los análisis de tallo, donde no se aisló ningún agente causal, por lo que se descarta que las bacterias sean traslocadas de la raíz al tallo.

Los síntomas observados en muestras de fruto son atribuidos a la presencia de *Erwinia* sp, que fue aislada en 70 muestras sintomáticas, ya que esta bacteria se caracteriza por presentar cánceres con escurrimientos gomosos color ámbar y grietas. Esta bacteria es diseminada por lluvia, insectos y por el hombre cuando realiza trabajos de podas, injertos, etc. (5).

La importancia económica en la identificación de *Erwinia* sp. radica en los daños que ésta puede ocasionar al cultivo ya que en condiciones adecuadas puede originar pérdidas hasta del 80% de la producción.

Debido a que no existe información relativa a enfermedades provocadas por bacterias, mucho menos, a las especies que pudieran estar afectando variedades de papaya, el aporte de esta investigación, fue haber detectado a *Erwinia* sp. en

frutos, confirmando así, la presencia de bacterias fitopatógenas en cultivos de papaya de la finca La Estancia, La Libertad, Petén.

Otro aporte de ésta investigación será que en el futuro, a través de un control adecuado, se evite la diseminación de estas bacterias, ya sea por insectos, lluvia o por malas prácticas agrícolas, para no incurrir en aplicaciones no aprobadas y que no van dirigidas al patógeno responsable.

IX. CONCLUSIONES

1. Se descarta la presencia de *Pseudomonas* sp. y *Agrobacterium* sp., en plantaciones de papaya de la finca La Estancia.
2. No se puede inferir que exista infección por *Erwinia* sp, *Xantomonas* sp. y *Corynebacterium* sp., dado que su presencia en muestras de raíz fue mínima.
3. Se descarta la presencia de microorganismos patógenos en tallo, en plantaciones de papaya de la finca La Estancia, La Libertad, Petén.
4. Síntomas como manchas color marrón con exudación, manchas color marrón sin exudación y pudrición blanda, presentes frutos de papaya afectados, en la finca La Estancia, se atribuye en un 71% al género fitopatógeno *Erwinia*.
5. En 25.15% de muestras analizadas, tomando en cuenta raíz y fruto, se aislaron bacterias fitopatógenas por lo que la hipótesis planteada es aceptada.

X. RECOMENDACIONES

1. Darle seguimiento al estudio, para la identificación de la especie de *Erwinia*, aislada en cultivos de papaya (*Carica papaya*) en la finca La Estancia, La Libertad, Petén.
2. Determinar la presencia de bacterias fitopatógenas, incluyendo género y especie, en otras áreas de producción de papaya, en el departamento de Petén y en otras regiones de Guatemala.
3. Realizar estudios epidemiológicos con bacterias y otros microorganismos patógenos que afectan el cultivo de papaya en Guatemala.

XI. REFERENCIAS

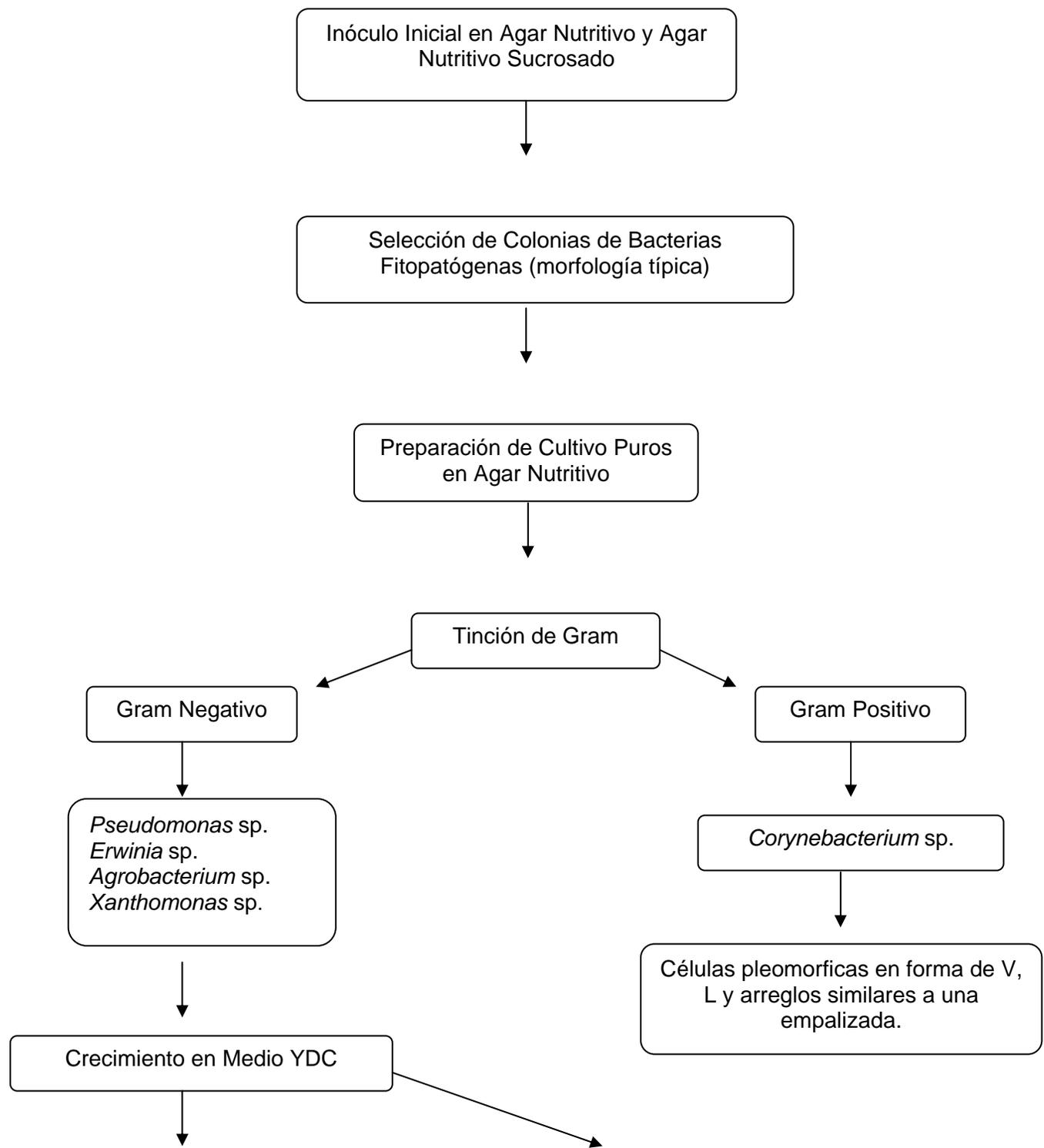
1. Tung ChJ. *et al.* (2000) Manual del Cultivo de la Papaya. Guatemala: Ministerio de Agricultura y Ganadería, 3-25p.
2. García G. (2000) Aspectos técnicos que garantizan el establecimiento de plantaciones de papaya. Guatemala: Revista de Agricultura.
3. Monterroso D. Pareja M. Inventario de los problemas fitosanitarios de los principales cultivos de la república de Guatemala. Guatemala: Proyecto regional de manejo integrado de plagas, 1985.
4. Commonwealth Mycological Institute. Oficina de la FAO para América Latina y el Caribe. Manual para Patólogos Vegetales. Londres, 1983.
5. Agrios G. (1985) Fitopatología. México: LIMUSA, 114-125p.
6. Corado SA. (1999) Diagnóstico de enfermedades fungosas y bacterianas en el cultivo de papaya Hawaiana (*Carica papaya*) en la aldea mojarritas, Monjas, Jalapa. Guatemala, (tesis de graduación, Facultad de Agronomía) 5-25p
7. Oficina de Comercialización Social. Guatemala: Infomaga, Doc. Tec. No. 10, 2004.
8. Proyecto regional de fortalecimiento de la vigilancia fitosanitaria de cultivos de exportación no tradicionales, VIFINEX. El Salvador: Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria –OIRSA-, 2003.
9. Barahona, M y Sancho, E. Fruticultura especial, piña y papaya, Costa Rica: Universidad Estatal a Distancia. Vol. 3, 1991.

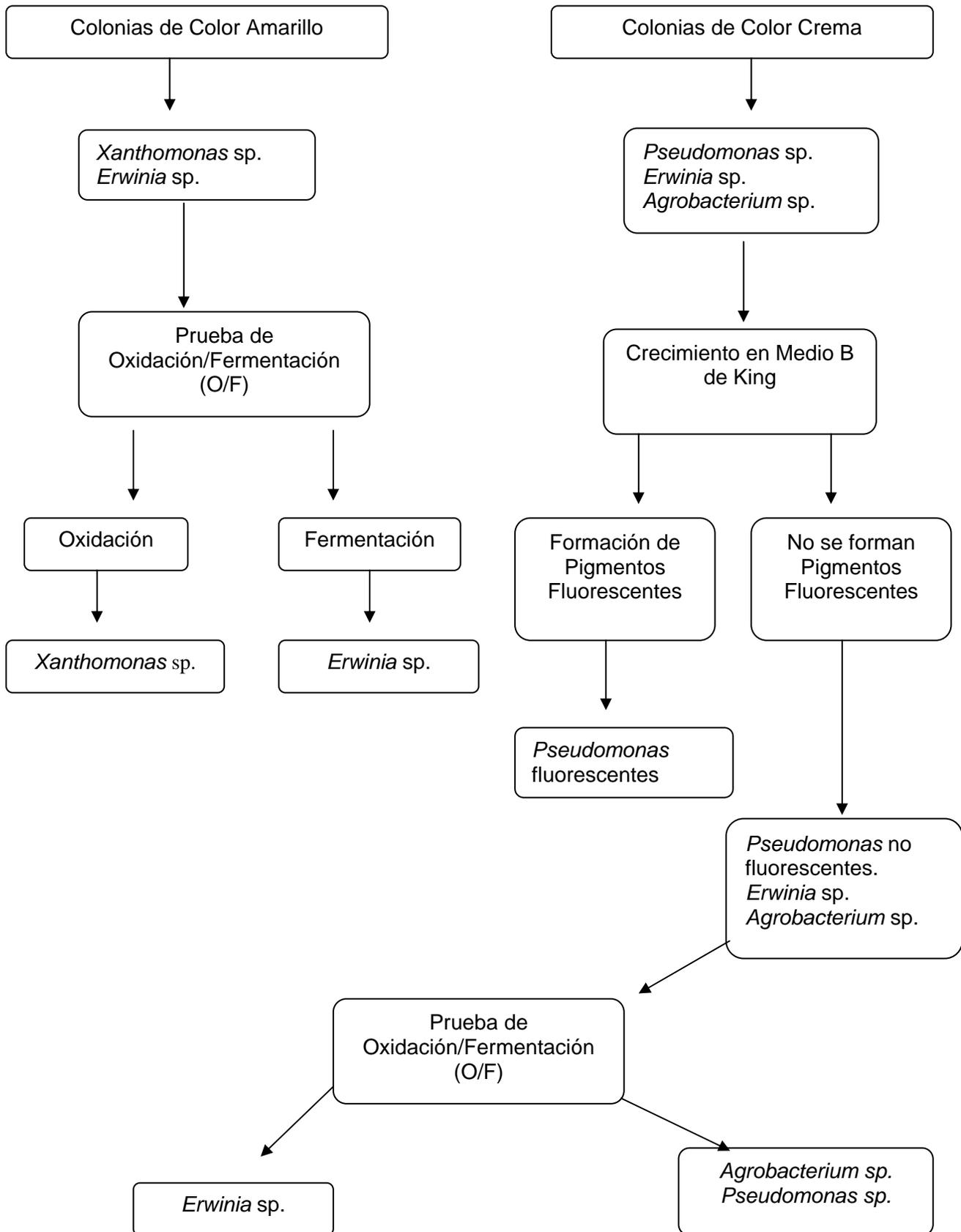
10. Kilkan R, Pinelo M. (1998) Monografía del municipio de la Libertad. Revista Petén Itza, 11: 52-62
11. Departamento de sistemas de información. Mapa de ecosistemas de Guatemala. Guatemala: Instituto Nacional de Bosques –INAB-, 2001.
12. Orozco, M y Edin, F. (1987) Bacterias Fitopatógenas. México: LIMUSA, 28-45p.
13. Compendium Crop Protection. 2.ed. England: Global Module, 1998.
14. Caniz LA. Impotation of papaya fruit *Carica papaya* from Guatemala into the continental Unites Status. USA: Qualitative, pathway initiated pest assesment, USDA-APHIS, 1999.
15. Normas Internacionales para medidas fitosanitarias. Lineamientos para siembra de encuesta y monitoreo. Roma, Italia: Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación, 1999.
16. Briat Savarin. Fruta de la buena salud. Guatemala: Prensa libre, Fecha de consulta: febrero, 2005. Disponible en: <http://www.prensalibre.com>
17. Mendizábal A. Frutas tropicales, notas sobre productos básicos, producción de frutas tropicales en 2002. Fecha de consulta: “Agosto, 2003” Disponible en: <http://ns1.oirsa.org.sv/publicaciones/vifinex/manuales2003/manual03/practicas-fitosanitarias-papaya-el-salvador.htm>
18. Petersen, Jason Tropical fruit sald. Medical Meals inc. Fecha de consulta: “May 2001” Disponible en: <http://www.mediclmeals.com/papaya>

XII. ANEXOS

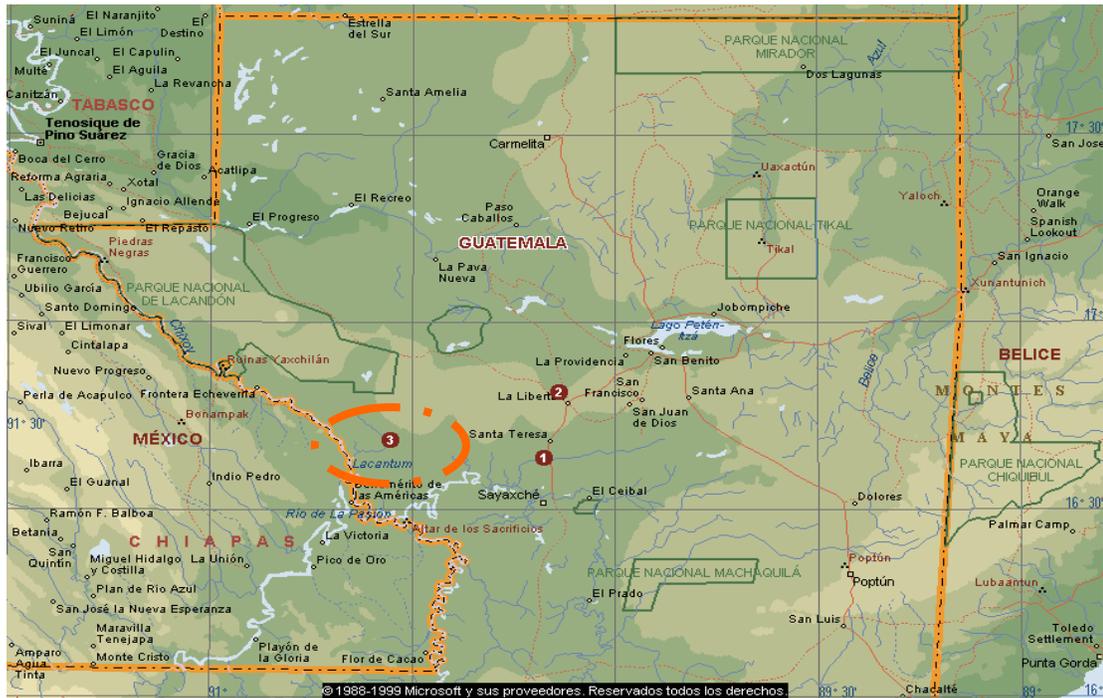
Anexo 1

MARCHA BACTERIOLÓGICA





Anexo 2. Reconocimiento del área geográfica



Ubicación de la finca La Estancia (3), La Libertad, Petén



Cultivos de papaya, finca La Estancia, La Libertad, Petén

Anexo 3 Trabajo de campo

Toma de muestra de las diferentes partes del árbol de papaya, con la ayuda del equipo técnico del Programa Fitozoosanitario, MAGA-PETEN



Muestras de raíz



Muestras de tallo



Muestras del fruto

Anexo 4

Daño ocasionado por *Erwinia* sp. en frutos de papaya de la finca La Estancia, La Libertad, Petén



Anexo 5 Procesamiento de muestras en el laboratorio

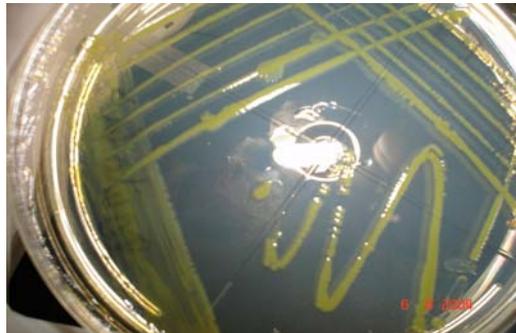
Muestras representativas de raíz y parte vegetativa (tallos)



Anexo 6 Suspensión de bacterias



Anexo 7 Selección de colonias



Crecimiento de Bacilos Gram Negativo
en Agar Nutritivo

Anexo 8 Identificación de bacterias fitopatógenas



Colonias de Bacilos Gram Positivo en
Agar Corynebacterium



Colonias Color Amarillo en Agar YDC



Colonias Color Crema en Agar YDC



En el tubo izquierdo se observa el medio O/F color verde indicando una reacción de oxidación. En los tubos de la derecha, se observa la reacción de fermentación, cambiando el medio a color amarillo.

Anexo 9. Bacterias fitopatógenas identificadas en muestras de raíz.

