

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

ÁREA INTEGRADA



JORGE MAURICIO WARREN ESMENJAUD

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

ÁREA INTEGRADA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

Realizado en dos variedades del cultivo de Pimienta Negra (*Piper nigrum*) con fines de conservación y protección dentro del Área Protegida Reserva Protectora de Manantiales Cerro San Gil, Puerto Barrios, Izabal, Guatemala, C.A.

PRESENTADO A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

POR:

JORGE MAURICIO WARREN ESMENJAUD

**EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO
INGENIERO AGRÓNOMO**

EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

EN EL GRADO ACADÉMICO DE

LICENCIADO

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2012

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**RECTOR MAGNÍFICO
Dr. CARLOS ESTUARDO GÁLVEZ BARRIOS**

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

DECANO	Dr. Lauriano Figueroa Quiñonez
VOCAL PRIMERO	Dr. Ariel Abderraman Ortiz López
VOCAL SEGUNDO	Ing. Agr. MSc. Marino Barrientos García
VOCAL TERCERO	Ing. Agr. MSc. Oscar René Leiva Ruano
VOCAL CUARTO	Br. Ana Isabel Fión Ruiz
VOCAL QUINTO	Br. Luis Roberto Orellana López
SECRETARIO	Ing. Agr. Carlos Roberto Echeverría Escobedo

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DEL 2012

Guatemala, septiembre 2012

Honorable Junta Directiva
Honorable Tribunal Examinador
Facultad de Agronomía
Universidad de San Carlos de Guatemala

Honorables miembros:

De conformidad con las normas establecidas por la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración, el trabajo de graduación realizado en dos variedades del cultivo de Pimienta Negra (*Piper nigrum*) con fines de conservación y protección dentro del Área Protegida Reserva Protectora de Manantiales Cerro San Gil, Puerto Barrios, Izabal, Guatemala, C.A. como requisito previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciado.

Esperando que el mismo llene los requisitos necesarios para su aprobación, me es grato suscribirme,

Atentamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Jorge Mauricio Warren Esmenjaud

ACTO QUE DEDICO

- A JESUCRISTO: Hijo de DIOS TODOPODEROSO.
- A MIS PADRES: Héctor Simón y Gloria Ruth los amo demasiado.
- A MIS HERMANOS: Ernesto Warren, Gloria Warren y Vivian Warren, en verdad los amo hermanos.
- A GABRIELA WARREN: Por ser mi segunda madre te amo hermana.
- A MI FAMILIA: A mi mama Vilma por habernos demostrado y seguirmos demostrando lo especial que es tener en verdad una familia.
- A MIS AMIGOS: Alberto Valle, Juan José Pineda, Carlos Monterroso, Estuardo Pellecer, Oswal Iván Castillo, Jorge Robles, Carlos Virgilio Martínez, Karla Martínez, Irma Martínez, Allan Salguero, Jocelyn Mejía, José Roberto Martínez, Ana Elena Morales, Isaías Gonzales, Carolina Vargas, Lilia Arévalo, Carlos Rodas, Rubén Medrano Parreño, Kildare Fajardo, Rafael Guizar, a mis amigos y compañeros de -CONAP-Nororient- y muchos otros más con los cuales en algún momento compartimos y en especial a Luis Enrique Reyes García y Familia, Cristian Raymundo Alvarado Bram y Familia, Rony Salguero, José Fernando de Paz Soto, Marco Vinicio Paiz Rivas, Alfredo Suarez y Familia, Álvaro Samayoa, José Moran, Ezequiel López y Ana Leticia Reyes Castro (mi LINDA la quiero mucho usted ha sido una luz en mi camino).

TRABAJO DE GRADUACIÓN QUE DEDICO

A:

JESUCRISTO

Hijo de DIOS TODOPODEROSO.

MI PATRIA, GUATEMALA

Por ser el país en el que nací y por ser una tierra bendita de Dios.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

Por ser el alma máter de las Universidad, que me alimentó con conocimientos, para que el día de hoy esté preparado para ser un profesional y por la oportunidad que tengo de decir que soy sancarlista.

FACULTAD DE AGRONOMÍA

Por prepararme como ingeniero agrónomo, por ser una excelente facultad que forma profesionales para la vida y porque siempre me sentiré orgulloso de decir que he egresado de la FAUSAC.

A FUNDAECO

Por permitirme y darme la oportunidad de desarrollar mi ejercicio profesional supervisado EPS.

AGRADECIMEINTOS

A MI ASESOR

Ing. MSc. Edgar Franco por compartir conmigo tanto conocimiento, por ser tan paciente, por el tiempo que ha dedicado para ayudarme y porque me ha brindado su amistad.

A MI SUPERVISOR

Ing. M.Sc. Cesar Linneo García, por su amistad, por su tiempo, ayuda, disposición, y apoyo incondicional en todas las actividades realizadas.

A TODOS MIS CATEDRÁTICOS

Por las enseñanzas impartidas durante los años de estudio dentro de la Facultad de Agronomía y por su esfuerzo para que cada día nuevos profesionales seamos formados, en especial a Ing. Willy Quintana, Ing. Francisco José Fajardo, Ing. Francisco Vázquez, Ing. Waldemar Nufio, Ing. Ezequiel López, Ing. Manuel Martínez, Ing. Cesar Linneo García.

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	PÁGINA
ÍNDICE DE FIGURAS	v
ÍNDICE DE CUADROS	vi
RESUMEN	vii
CAPÍTULO I	1
1.1 Presentación.....	2
1.2 Marco Referencial.....	3
1.2.1 Antecedentes	3
1.3 Objetivos.....	4
1.3.1 General.....	4
1.3.2 Específicos	4
1.4 Metodología	5
1.5 Resultados.....	6
1.5.1 FODA Y MATRIZ DE PRIORIZACION DE LA PIMIENTA NEGR(<i>Piper nigrum</i>)6	6
A. FORTALEZAS	6
B. DEBILIDADES	6
C. AMENAZAS	7
D. OPORTUNIDADES	7
1.6 Conclusiones y Recomendaciones	10
1.7 Bibliografía	12
CAPÍTULO II	13
2.1 PRESENTACIÓN.....	14
2.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	15
2.3 MARCO TEORICO	16
2.3.1 El cultivo de Pimienta negra (<i>Piper nigrum</i>)	16
E. Antecedentes del cultivo	16
F. Clasificación Taxonomica.....	16
G. Descripción botánica	17

CONTENIDO	PÁGINA
H. Requerimientos del cultivo	20
I. Otros factores	21
J. Adecuación del terreno para la siembra	22
2.3.2 Métodos de propagación de Pimienta negra (<i>Piper nigrum</i>)	26
2.3.3 Propagación asexual	29
K. Efectos de la propagación asexual	30
L. Clonación	30
2.3.4 Hormonas vegetales	30
M. Propagación asexual y uso de reguladores de crecimiento	31
2.3.5 Bases anatómicas y fisiológicas de la iniciación de raíces	31
N. Formación de raíces adventicias	32
2.3.6 Auxinas	32
O. Mecanismo de acción de las auxinas	33
P. Bases fisiológicas de las auxinas en la formación de raíces	34
Q. Citocininas	35
R. Giberelinas	35
2.3.7 Utilización de reguladores del crecimiento para estimular el enraizamiento ...	36
2.3.8 Métodos de aplicación de reguladores de crecimiento	36
S. Método de inmersión rápida	36
T. Método de remojo prolongado	37
U. Método de espolvoreado	37
2.3.9 Respuestas de las estacas o tallos ante los reguladores de crecimiento	38
V. Utilización de estacas o tallos en el enraizamiento	38
2.3.10 Factores que influyen en el enraizamiento	38
2.3.11 Sustancias promotoras del enraizamiento	39
W. Ácido Indol – Acético (AIA)	39
X. Ácido Indol-3-butírico (IBA)	39
Y. Ácido Naftalenacético (ANA)	40
2.3.12 Experiencias obtenidas en otros estudios	40
2.4 MARCO REFERENCIAL	42

CONTENIDO	PÁGINA
2.4.1 Ubicación y descripción del sitio del experimento	42
2.4.2 Materiales genéticos evaluados	43
2.5 OBJETIVO.....	44
2.5.1 General	44
2.5.2 Específicos	44
2.6 HIPÓTESIS	45
2.7 METODOLOGÍA.....	46
2.7.1 Colecta de material vegetal	46
2.7.2 Factores evaluados y tratamientos.....	47
2.7.3 Preparación de soluciones	48
2.7.4 Preparación de soluciones concentradas.....	48
2.7.5 Forma de aplicación	48
2.7.6 Método de transporte	49
2.7.7 Tratamientos evaluados	49
2.7.8 Preparación de sustrato	50
2.7.9 Unidad experimental.....	50
2.7.10 Variables de respuesta.....	51
2.7.11 Manejo agronómico	52
Z. Labores del cultivo.....	52
AA. Prevención de enfermedades	52
2.8 METODOLOGÍA EXPERIMENTAL	54
2.8.1 Modelo experimental	54
2.8.2 Análisis de la información.....	54
2.9 Análisis económico.....	55
2.10 Croquis de campo	55
2.11 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	56
2.11.1 Número promedio de esquejes enraizados (NSR)	56
2.11.2 Longitud promedio de raíces (LR)	58
2.11.3 Número promedio de raíces por esqueje (NR).....	59
2.11.4 Peso seco de raíces (PS).....	60

CONTENIDO	PÁGINA
2.11.5 Análisis económico.....	62
2.12 CONCLUSIONES.....	64
2.13 RECOMENDACIONES	65
2.14 BIBLIOGRAFÍA	66
2.15 ANEXOS	68
CAPÍTULO III	73
3.1 Presentación.....	74
3.2 Área de Influencia.....	75
3.3 Capacitación en podas formadoras de ramas fructíferas en el cultivo de Pimienta negra (<i>Piper nigrum</i>).	75
3.4 Capacitación en la toma y manejo de muestras de suelo.....	78
3.5 Establecimiento de un vivero comunitario para la obtención de plantas de Pimienta negra (<i>Piper nigrum</i>).	80

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	PÁGINA
1. Tallo ortotrópico, geotrópico y plagiotrópico de Pimienta negra (<i>Piper nigrum</i>).....	17
2. Inflorescencia de Pimienta negra (<i>Piper nigrum</i>).....	18
3. Fruto de Pimienta negra (<i>Piper nigrum</i>).....	19
4. Raíz de Pimienta negra (<i>Piper nigrum</i>).....	20
5. Tipos de acodos de Pimienta negra (<i>Piper nigrum</i>).....	26
6. Selección de esquejes de tallo ortotrópico.....	28
7. Establecimiento de esquejes en campo.....	28
8. Mapa de ubicación del área experimental.....	42
9. Selección de plantas y colecta de material vegetal.....	46
10. Esquejes de Pimienta negra (<i>Piper nigrum</i>) de tres y cuatro nudos.....	47
11. Aplicación de soluciones concentradas.....	49
12. Arreglo espacial de esquejes en unidad experimental.....	51
13. Aplicación de agua caliente y cobertura para desinfección de sustrato en los bloques.....	53
14. Materiales utilizados en el sellado de esquejes, cera y cemento.....	53

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO	PÁGINA
1. Tratamientos evaluados	50
2. Croquis de campo	56
3. Porcentaje de esquejes enraizados (NSR).....	57
4. Longitud promedio de raíces (LR) en cm	58
5. Número promedio de raíces por esqueje (NR).....	60
6. Peso seco de raíces (PS).....	62
7. Costo de producción de los esquejes enraizados	63
8A. Calculo de soluciones	68
9A. Análisis de varianza para la variable de respuesta Número promedio de esquejes enraizados (NSR)	68
10A. Análisis de varianza para la variable de respuesta Largo promedio de raíces (LR)	69
11A. Análisis de varianza para la variable respuesta Número promedio de raíces por esquejes (NR)	69
12A. Resumen de la prueba de comparación múltiple de medias del Tukey para el factor concentración, para la variable Número promedio de raíces por esqueje (NR).....	70
13A. Análisis de varianza para la variable de respuesta Peso seco de raíces (PS)....	70
14A. Resumen de la prueba de comparación múltiple de medias del Tukey para el factor variedad, para la variable de respuesta Peso seco de raíces (PS).....	71
15A. Resumen de la prueba de comparación múltiple de medias del Tukey para el factor concentración, para la variable de respuesta Peso seco (PS).....	71

TRABAJO DE GRADUACIÓN

Realizado en dos variedades del cultivo de Pimienta Negra (*Piper nigrum*) con fines de conservación y protección dentro del Área Protegida Reserva Protectora de Manantiales Cerro San Gil, Puerto Barrios, Izabal, Guatemala, C.A.

RESUMEN

El cultivo de la pimienta negra (*Piper nigrum*) fue llevado por la Fundación para el Ecodesarrollo y Conservación (FUNDAECO) en el año 2006 en las comunidades del Cerro San Gil, con la finalidad de que los agricultores del lugar dispusieran de una nueva alternativa de proyectos productivos y así poder frenar el avance de la frontera agrícola. Actualmente se tienen 6,735 plantas establecidas en 7.5 hectáreas.

Por tratarse de un área protegida, se hizo necesario la implementación de cultivos de este tipo, ya que exigen la plantación de tutores de madre cacao (*Gliricidia sepium*), que proporcionan una cobertura natural al suelo, evitando los efectos de la erosión y contribuyendo a la fertilización natural del cultivo.

CAPÍTULO I. "Diagnóstico De La Situación Actual Del Cultivo De Pimienta (*Piper nigrum*) En Las Comunidades De Las Pavas, San Francisco La Cocona, Los Ángeles, Lote 28, Sector A, Sector B, Monte de Los Olivos, Lote Seis, Las Delicias, Los Laureles, DEL CERRO SAN GIL" describe la situación actual del cultivo de Pimienta negra (*Piper nigrum*) en el área protegida Cerro San Gil, sistematizando la información primaria y secundaria relacionada con áreas del cultivo de interés. Además de ello, se analizó la información obtenida, con el fin de describir e identificar las potencialidades y problemas relacionados con el cultivo de Pimienta negra (*Piper nigrum*) en el área bajo estudio.

CAPÍTULO II Evaluación de Cinco Concentraciones de Ácido Indolbutírico (IBA) en el enraizamiento de esquejes de dos variedades de Pimienta negra (*Piper nigrum*)" esta investigación tuvo como objetivo principal mejorar el porcentaje de enraizamiento de los esquejes de Pimienta negra, por medio del uso de reguladores de crecimiento, con ello

poder disponer de una mayor cantidad de material vegetativo para cubrir la demanda de los agricultores, esto por medio de desarrollar un procedimiento para la propagación vegetativa de Pimienta negra (*Piper nigrum*), determinando para ello la mejor concentración de ácido indolbutírico (IBA) para el enraizamiento de esquejes de dos variedades de Pimienta negra (*Piper nigrum*), determinando que la aplicación de 2000 ppm, a esquejes de la variedad Balamkota, mostró los mejores resultados.

CAPÍTULO III. "Servicios Prestados En La Fundación Para El Ecodesarrollo Y Conservación FUNDAECO" el primer servicio consistió en una capacitación en podas formadoras de ramas fructíferas en el cultivo de Pimienta negra (*Piper nigrum*). La finalidad de este servicio, fue corregir y diseñar la estructura de plantaciones ya establecidas

El segundo servicio, consistió en una capacitación en la toma y manejo de muestras de suelo. Esta en las parcelas donde se encuentra establecido el cultivo. Este procedimiento es indispensable para obtención de resultados confiables al momento del análisis, ya que el muestreo suele ser la mayor fuente de error de los resultados.

El tercer servicio, consistió en el establecimiento de un vivero comunitario para la obtención de plantas de Pimienta negra (*piper nigrum*). Por tal motivo se estableció un vivero comunitario, el cual se ubicó en dos comunidades, que coinciden con el mayor número de miembros involucrados en el proyecto de Pimienta negra, para poder de esta manera, tener una mejor alternativa de traslado de planta hacia el lugar de siembra, y lograr de esta forma cumplir con la calidad y cantidad de planta necesaria para establecer en las parcelas donde aun no se cuenta con el cultivo y reducir el porcentaje de pérdida de planta durante su traslado.

CAPÍTULO I

***Diagnóstico de la Situación Actual del Cultivo de Pimienta
(Piper nigrum) En Las Comunidades De Las Pavas, San Francisco La Cocona,
Los Ángeles, Lote 28, Sector A, Sector B, Monte de Los Olivos, Lote Seis, Las
Delicias, Los Laureles, del Cerro San Gil, Puerto Barrios, Izabal, Guatemala, C.A.***

1.1 Presentación

La Fundación para el Ecodesarrollo y la Conservación FUNDAECO, en sus objetivos de conservación y desarrollo, dentro de la zona de amortiguamiento del área protegida Cerro San Gil, entiende como prioritario el apoyo a proyectos productivos, los cuales permitan a las comunidades de la zona el poder desarrollarse de manera sostenible dentro del área. Es por ello que a partir del 2006, se empieza a apoyar el cultivo de Pimienta negra (*Piper nigrum*), como una nueva alternativa de proyectos productivos, por medio de la conformación de La Asociación de Agricultores San Gil, Izabal, para apoyar el desarrollo comunitario y asociativo en nueve comunidades del área protegida Cerro San Gil.

El presente diagnóstico tuvo como finalidad identificar las potencialidades y problemas relacionados con el cultivo de Pimienta negra (*Piper nigrum*) dentro de las comunidades involucradas dentro del área para su desarrollo, con el objetivo de priorizarlas y de esta manera, implementar en conjunto con los socios productores actividades las cuales contrarrestaran o minimizaran de manera objetiva las debilidades y amenazas detectadas.

En la actualidad el proyecto cuenta con un total de 6,700 plantas de Pimienta negra (*Piper nigrum*), sembradas. El área total de siembra es de 7.5 hectáreas, con plantas que van desde los 6 meses a los 3 años de su establecimiento definitivo en campo.

1.2 Marco Referencial

1.2.1 Antecedentes

El cultivo de Pimienta negra (*Piper nigrum*) es de reciente introducción en la zona de usos múltiples del Cerro San Gil. El cultivo es un proyecto sostenible que fue introducido con el objetivo de frenar el avance de la frontera agrícola, en áreas en donde se pretende y se hace prioritario la conservación de los recursos naturales.

Actualmente son ya 36 los socios de nueve comunidades, los cuales cuentan con terrenos adecuados para el desarrollo del cultivo que conforman La Asociación de Agricultores San Gil, Izabal, asociación que se encuentra totalmente legalizada para desarrollar proyectos productivos y con 14 agricultores interesados en asociarse.

Es uno de los primeros proyectos de ejecución que se implementaron en la zona de amortiguamiento de las áreas protegidas. La Fundación para el Ecodesarrollo y la Conservación FUNDAECO, es la asociación que apoya el desarrollo de este cultivo, a través de la donación de las plantas que se establecen en pequeñas extensiones y que pretende seguir apoyando para su expansión en más de 6 comunidades del Cerro San Gil.

El proyecto se inició, no solo para frenar el avance de la frontera agrícola, sino también para dar a los agricultores una nueva alternativa de proyectos productivos, los cuales garanticen el desarrollo comunitario, familiar y asociativo.

1.3 Objetivos

1.3.1 General

- Describir la situación actual del cultivo de Pimienta negra (*Piper nigrum*) en el área protegida Cerro San Gil, departamento de Izabal.

1.3.2 Específicos

- Sistematizar la información primaria y secundaria relacionada con el cultivo de Pimienta negra (*Piper nigrum*) en el área de interés.
- Analizar la información obtenida, con el fin de describir e identificar las potencialidades y problemas relacionados con el cultivo de Pimienta negra (*Piper nigrum*) en el área bajo estudio.

1.4 Metodología

<p><i>Etapa 1</i></p>	<p><i>Planificación</i></p>	<p>Se convocó a una reunión, en la cual se buscaba que estuvieran presentes la mayoría de los integrantes de La Asociación de Agricultores San Gil, del Cerro San Gil, ya que son los socios de dicha asociación los que son productores directos de Pimienta negra en el Cerro San Gil, la cual pretendía dar a conocer el objetivo de la reunión y los temas que se trataron en la misma.</p>
<p><i>Etapa 2</i></p>	<p><i>Ejecución</i></p>	<p>Se buscó la participación de los socios productores, para que ellos pensarán sistemáticamente en sus problemas, y los expusieran las posibles soluciones que se les podía dar a dichas problemáticas, tratando de priorizar las más inmediatas y necesarias.</p>
<p><i>Etapa 3</i></p>	<p><i>Análisis y elaboración de informe final</i></p>	<p>La herramienta de análisis que se utilizó fue un FODA el cual permitió conocer Fortalezas Oportunidades Debilidades y Amenazas, Para poder así comprender las condiciones y circunstancias en las que se encuentra el cultivo de Pimienta negra (<i>Piper nigrum</i>), y diagnosticar la situación actual del mismo.</p>

1.5 Resultados

La información recabada fue sometida a un análisis FODA, el cual arroja los siguientes resultados.

1.5.1 FODA Y MATRIZ DE PRIORIZACION DE LA PIMIENTA NEGRA (*Piper nigrum*)

A. FORTALEZAS

- Los terrenos de la asociación se encuentran ubicados en áreas que reúnen las condiciones óptimas para el desarrollo del cultivo.
- Se cuenta con una organización totalmente legalizada y autorizada para desarrollar proyectos productivos.
- FUNDAECO, les está donando las plántulas de pimienta negra para el establecimiento de las plantaciones, lo cual reduce los costos de producción.
- Hay 14 agricultores interesados en asociarse y participar en proyecto productivo del cultivo de Pimienta negra (*Piper nigrum*).
- Los precios estimados de venta de la pimienta negra, permiten que el proyecto sea altamente rentable.
- Existe mercado nacional para producir pimienta negra molida o en polvo.

B. DEBILIDADES

- Falta de asistencia técnica para capacitar a los agricultores
- Se debe mejorar o incentivar la participación de los agricultores en las reuniones que se programan
- Falta de asistencia técnica y procedimientos adecuados para la propagación del cultivo.

C. AMENAZAS

- El poco conocimiento en el manejo agrícola del cultivo puede llegar a afectar seriamente la producción del cultivo.
- La falta de material vegetal puede afectar la expansión del cultivo.
- La desmotivación que muestran algunos socios por la falta de material vegetal para ser establecido en el campo en donde ya se han establecido los tutores que exige el cultivo, puede llegar a mermar la siembra del mismo.

D. OPORTUNIDADES

- Actualmente el cultivo cuenta con el apoyo de organizaciones como FUNDAECO
- Se ha probado que el cultivo responde bastante bien en cuanto a rendimiento y calidad se refiere en Cerro San Gil.
- Actualmente el costo de producción del cultivo permite obtener utilidades para los productores.

<p align="center">FODA DE LA PIMIENTA NEGRA (<i>Piper nigrum</i>)</p>	<p align="center">PRIORIZACION</p>
<p align="center">FORTALEZAS</p> <p>Los terrenos de la asociación se encuentran ubicados en áreas que reúnen las condiciones óptimas para el desarrollo del cultivo.</p> <p>Se cuenta con una organización totalmente legalizada y autorizada para desarrollar proyectos productivos.</p> <p>FUNDAECO, les está donando las plántulas de pimienta negra para el establecimiento de las plantaciones, lo cual reduce los costos de producción.</p> <p>Hay 14 agricultores interesados en asociarse y participar en proyecto productivo del cultivo de Pimienta negra (<i>Piper nigrum</i>).</p> <p>Los precios estimados de venta de la pimienta negra, permiten que el proyecto sea altamente rentable.</p> <p>Existe mercado nacional para producir pimienta negra molida o en polvo.</p>	

<p align="center">FODA DE LA PIMIENTA NEGRA (<i>Piper nigrum</i>)</p>	<p align="center">PRIORIZACION</p>
<p align="center">DEBILIDADES</p> <p>Falta de asistencia técnica para capacitar a los agricultores.</p> <p>Se debe mejorar o incentivar la participación de los agricultores en las reuniones que se programan.</p> <p>Falta de asistencia técnica y procedimientos adecuados para la propagación del cultivo.</p>	<p>Falta de asistencia en técnicas y procedimientos adecuados para la propagación del cultivo.</p>
<p align="center">AMENAZAS</p> <p>El poco conocimiento en el manejo agrícola del cultivo puede llegar a afectar seriamente la producción del del mismo.</p> <p>La falta de material vegetal puede afectar la expansión del cultivo, hacia aéreas en donde se pretende frenar el avance de la frontera agrícola.</p> <p>La desmotivación que muestran algunos socios por la falta de material vegetal para ser establecido en el campo en donde ya se han establecido los tutores que exige el cultivo, puede llegar a mermar la siembra del mismo.</p>	<p>El poco conocimiento en el manejo agrícola del cultivo puede llegar a afectar seriamente la producción del mismo.</p>

<p align="center">FODA DE LA PIMIENTA NEGRA (<i>Piper nigrum</i>)</p>	<p align="center">PRIORIZACION</p>
<p align="center">OPORTUNIDADES</p> <p>Actualmente el cultivo cuenta con el apoyo de organizaciones como FUNDAECO.</p> <p>Se ha probado que el cultivo responde bastante bien en cuanto a rendimiento y calidad se refiere en Cerro San Gil.</p> <p>Actualmente el costo de producción del cultivo permite obtener utilidades para los productores.</p>	

1.6 Conclusiones y Recomendaciones

- En la actualidad el cultivo de Pimienta negra (*Piper nigrum*), cuenta con una asociación, la cual está formada por 36 socios y con 14 personas más interesadas en formar parte del proyecto, el cual se pretende seguir expandiendo a zonas dentro del Cerro San Gil, en donde se pretende y es importante frenar el avance de la frontera agrícola.
- Las condiciones de clima y suelo son aptas para el desarrollo óptimo del cultivo.
- El precio del producto cosechado permite obtener utilidades tanto a la asociación para seguir creciendo como tal, como también a los agricultores asociados.

- Actualmente existen plantaciones establecidas y manejadas por pequeños agricultores dentro de la zona de usos múltiples del Cerro San Gil.

1.7 Bibliografía

1. BANGUAT (Banco de Guatemala, GT). 1973. Situación nacional e internacional de la pimienta negra: informe trimestral, abril-junio. Guatemala. 27 p. Citado por: Riveiro Caal, HA. 1992. Evaluación de los efectos de diferentes sustratos y número de nudos por esquejes, en el enraizamiento de pimienta negra (*Piper nigrum*) bajo condiciones ambientales de la finca Guaxpom, Tucurú, Alta Verapaz, Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 37 p.
2. Bino Ponce, JF. 1989. Evaluación de tres métodos de aplicación de ácido indolbutírico a cuatro concentraciones en dos ambientes para enraizar estacas de achiote (*Bixa orellana* L.) en Quetzaltenango, Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 51 p.
3. Hartmann, HT; Kester, DE. 1988. Propagación de plantas: principios básicos. 2 ed. México, CEDSA. 760 p.
4. FHIA (Fundación Hondureña de Investigación Agrícola, HN). 2006. Manual para la producción de pimienta negra. La Lima, Cortés, Honduras. 59 p.
5. CONAP, (Consejo Nacional de Áreas Protegidas, GT); FUNDAECO (Fundación para el Desarrollo Ambiental y Ecológico, GT); TNC, GT. 2008.

CAPÍTULO II

***EVALUACIÓN DE CINCO CONCENTRACIONES DE ÁCIDO INDOLBUTIRICO
(AIB) EN EL ENRAIZAMIENTO DE ESQUEJES DE DOS VARIEDADES DE
PIMIENTA NEGRA (Piper nigrum).***

***FIVE CONCENTRATION EVALUATION OF INDOLEBUTYRIC ACID (IBA) ON THE
ROOTING OF CUTTING OF TWO VARIETIES OF BLACK PEPPER (piper nigrum).***

2.1 PRESENTACIÓN

El cultivo de la pimienta negra (*Piper nigrum*) fue llevado por la Fundación para el Ecodesarrollo y Conservación (FUNDAECO) en el año 2006 en las comunidades del Cerro San Gil, con la finalidad de que los agricultores del lugar dispusieran de una nueva alternativa de proyectos productivos y así poder frenar el avance de la frontera agrícola. Actualmente se tienen 6,735 plantas establecidas en 7.5 hectáreas.

El proyecto del cultivo de la pimienta negra, inició con la formación de la Asociación de Agricultores San Gil, integrada por 36 socios de nueve comunidades del Cerro San Gil, Izabal, los cuales poseen terrenos adecuados para la producción sostenible y competitiva de este cultivo.

En Guatemala la venta del fruto de la pimienta negra, es principalmente en polvo y se realiza a empresas procesadoras de alimentos ubicadas en la ciudad capital, aunque para los agricultores de la región, la principal forma de venta del producto es en grano seco y a mercados locales.

Por tratarse de un área protegida, es necesario la implementación de cultivos de este tipo, ya que exigen la plantación de tutores de madre cacao (*Gliricidia sepium*), que proporcionan una cobertura natural al suelo, evitando los efectos de la erosión y contribuyendo a la fertilización natural del cultivo.

En la actualidad FUNDAECO posee un Centro de Investigación para el cultivo de pimienta negra (*Piper nigrum*), donde se realiza la evaluación, adaptación y caracterización del cultivo como alternativa productiva. El Centro de Investigación se ubica en la aldea Las Pavas, municipio de Puerto Barrios.

Esta investigación tuvo como objetivo principal mejorar el porcentaje de enraizamiento de los esquejes de pimienta negra, por medio del uso de reguladores de crecimiento, y con ello poder disponer de una mayor cantidad de material vegetativo para cubrir la demanda de los agricultores, quienes tienen planificado introducir 12,000 plantas en nueva áreas de cultivo.

2.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad el cultivo de pimienta negra (*Piper nigrum*), está establecido en 7.5 hectáreas distribuidas en nueve comunidades del Cerro San Gil, Izabal. Los agricultores tienen planificado incrementar en 13.3 manzanas el cultivo de la pimienta negra. Para ello implementaron un vivero en el Centro de Adaptación y Caracterización del Cultivo de la Pimienta Negra, en donde ejecutó un procedimiento de enraizamiento de esquejes para cumplir con la demanda anual de plantas (12,000 plantas), para su establecimiento campo. Hasta el momento este procedimiento no ha dado buenos resultados.

El principal problema que se presenta es la muerte de esquejes en las primeras etapas del enraizamiento, esta que asciende a un 35% del total de esquejes puestos a enraizar, mortandad que se presenta debido a la falta de conocimiento en la selección y preparación que requiere el material vegetal que se utiliza para la propagación, y de productos utilizados para promover el enraizamiento de especies vegetales, siendo esto una de las principales limitaciones para la obtención de planta.

Dichas limitaciones, han provocado que el establecimiento del cultivo a nuevas aéreas, en donde se cuenta con terrenos aptos y competitivos para su desarrollo se vea afectado.

2.3 MARCO TEORICO

2.3.1 El cultivo de Pimienta negra (*Piper nigrum*)

E. Antecedentes del cultivo

La Pimienta negra (*Piper nigrum*), es originaria del continente asiático y se introdujo a Guatemala entre los años 1928 a 1930 en forma de semilla. Esta especie se encuentra ocupando el primer lugar entre las 10 principales especies el mundo, su uso básico es como condimento saborizante.

Los principales países productores de pimienta son India con un 27%, Indonesia con un 21%, Vietnam 17%, Brasil con un 14%, seguido de Malasia 10%, otros países sudamericanos. El principal país importador de pimienta es Estados Unidos con un promedio 48, 810 toneladas a 57, 433 en los últimos cinco años.

Desde la introducción del cultivo a Guatemala, su incremento ha sido modesto a pesar de su demanda. Actualmente se han incrementado áreas de producción en pequeña escala especialmente en Alta Verapaz, Izabal y otros departamentos de la Costa Sur que cuentan con condiciones aptas para su explotación, proyectando perspectivas favorables para aquellos agricultores que cultivan poco o inician su siembra. (Riveiro Caal) (1992).

F. Clasificación Taxonomica

La Pimienta negra (*Piper nigrum*), se sitúa botánicamente de la siguiente manera: (León Lavarreda R. A.) (1990).

- **Reino:** Planta
- **División:** Angiosperma
- **Clase:** Magnoliopsida
- **Orden:** Piperales

- **Familia:** Piperaceae
- **Especie:** *P. nigrum*

G. Descripción botánica

✓ Tallo

Es una planta trepadora, permanente con nudos y entrenudos bien marcados. Cada nudo del tallo principal, presenta hojas alternas, raíces adventicias muy pequeñas a manera de garfios, que se adhieren al tutor para trepar, no presentan zarcillos. La planta de pimienta negra está conformada por 3 tipos de tallos. (FHIA) (2006).

- Tallo ortotrópico: tallo principal o tallo verdadero, constituye el armazón de la planta.
- Tallos modificados o geotrópicos: llamados estolones, crecen en la base del tallo principal y corren a ras del suelo.
- Tallos plagiotrópicos: son propiamente ramas jóvenes que nacen en cada nudo, normalmente frente a una hoja. Los nudos de estos tallos no llevan raíces adventicias.

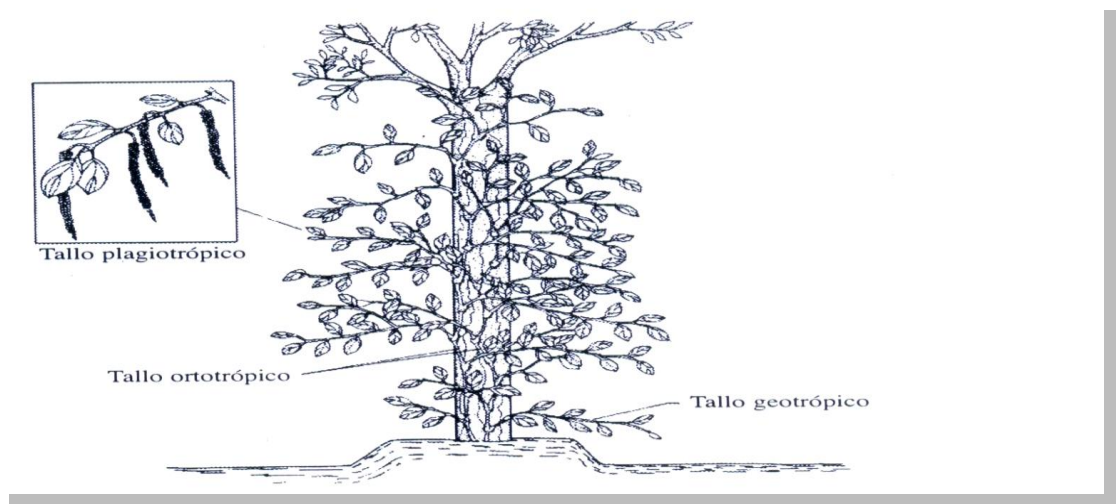


Figura 1. Tallo ortotrópico, geotrópico y plagiotrópico de Pimienta negra (*Piper nigrum*).

FUENTE: FHIA**✓ Hojas**

Las hojas son alternas, pecioladas y simples. La pimienta negra presenta una hoja completa, con limbo ovalado elíptico de borde entero, de ápice acuminado, nervadura pronunciada, una vena central con 2 partes de nervios laterales opuestos, pecíolo no muy alargado, con la base foliar envainada. Presenta color verde oscuro por encima y color claro por abajo. Cada hoja genera potencialmente una inflorescencia, la cual depende directamente de la fuente de elementos nutritivos disponibles en el suelo. (FHIA) (2006).

✓ Flor

La inflorescencia de una espiga colgante a manera de péndulo, es amarillo-verdosa y brota exclusivamente del tallo plagiotrópico o rama. La flor es pequeña y sécil, insertada en un eje central de la inflorescencia; existen hasta 150 por espiga, son hermafroditas o bisexuales. La apertura de las flores empieza por la base de la espiga y continúa hasta el vértice. (FHIA) (2006).

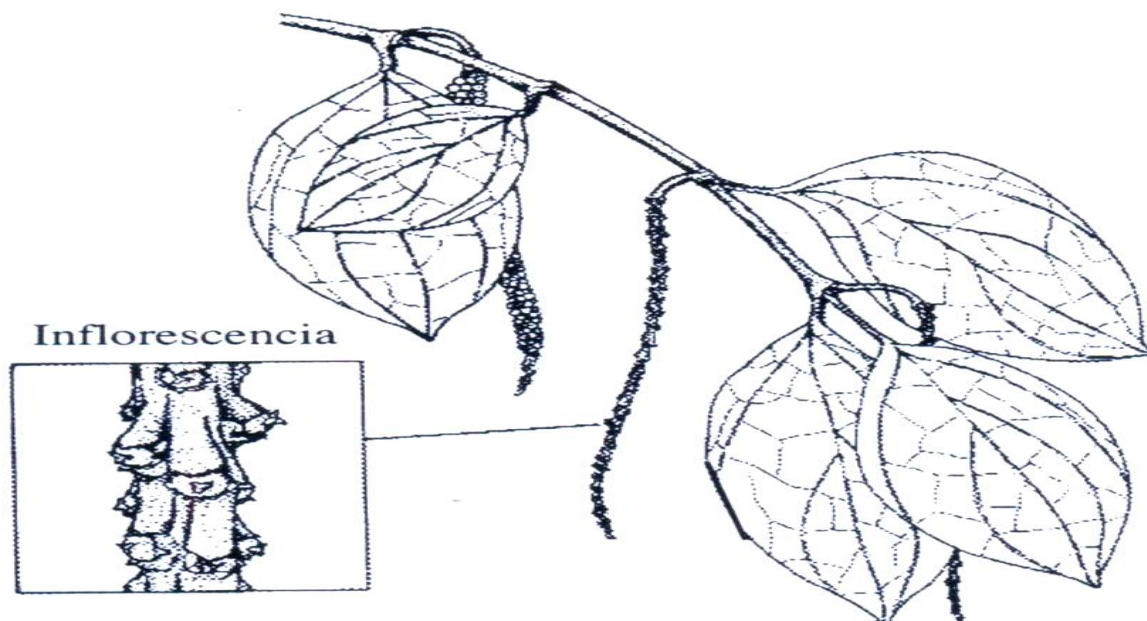


Figura 2. Inflorescencia de Pimienta negra (*Piper nigrum*)
FUENTE: FHIA

✓ **Fruto**

El fruto es una valla monoesperma esférica de 4 a 8 mm de diámetro. Primero presenta color verde, luego cambia a un color amarillento y finalmente a rojo, al madurar. Al secar presenta un color negro, de ahí su nombre, pimienta negra. (FHIA) (2006).

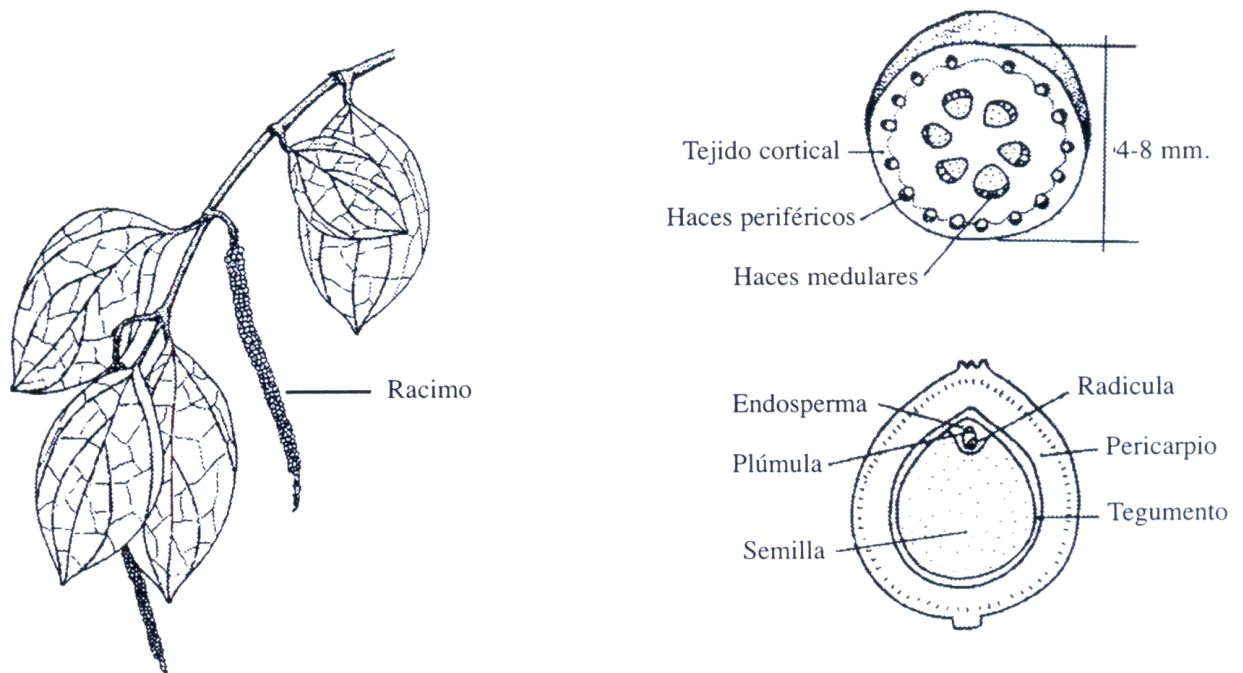


Figura 3. Fruto de Pimienta negra (*Piper nigrum*)
FUENTE: FHIA

✓ **Sistema radicular**

El sistema radicular, esta compuesto por un número de raíces principales que varían de 3 a 6, estas llevan numerosas raíces secundarias de regular longitud localizadas a poca profundidad (20-30 cm). (FHIA) (2006).

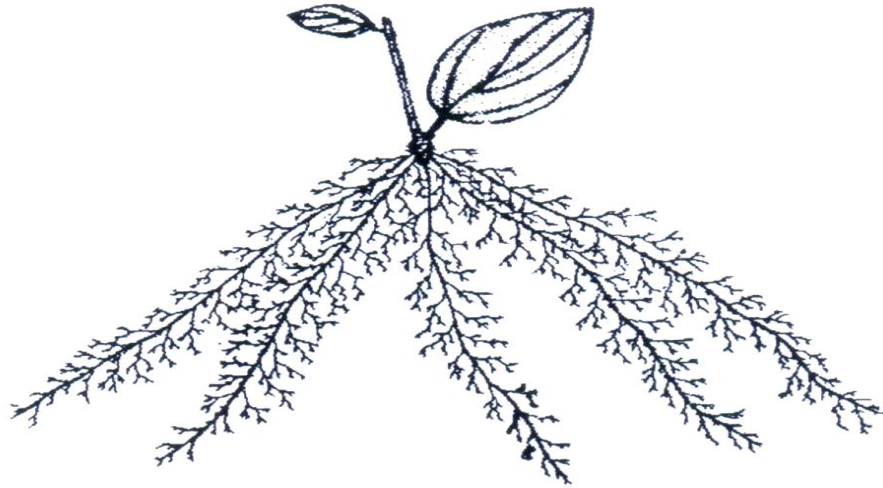


Figura 4. Raíz de Pimienta negra (*Piper nigrum*)

FUENTE: FHIA

H. Requerimientos del cultivo

✓ **Hábitat natural**

La planta de la pimienta (*Piper nigrum*) en estado silvestre se localiza o encuentra, en el bosque húmedo trópica de hojas perennes, que ocupan tierra de baja altura con influencia permanente de humedad y lluvia persistente o estacional, con temperaturas medias de 24°C y una humedad relativa de 85%. (FHIA) (2006).

✓ **Clima**

La pimienta negra es una planta de regiones tropicales cálido-húmedas, con las siguientes exigencias climáticas. La temperatura óptima para su desarrollo es de 24°C con un rango entre 18 y 35°C. Lo deseable es tener una temperatura de 24 a 27°C con oscilación de máxima y mínima no mayores de 5°C. Una precipitación anual de 2,500 mm bien distribuidos es considerada como óptima. Lluvias de 1,200 a 3,000 mm anuales pueden considerarse como aceptables, siempre que estén bien distribuidas en el año. Es

necesario para la producción, un periodo de uno a dos meses de escasa humedad tendiendo a la sequía. Este fenómeno favorece la inducción floral. Lluvias favorecen la polinización al terminar la condición glutinosa del polen. De allí que el riego aéreo es más adecuado que el riego por gravedad para atender la plantación en épocas de sequía. Con respecto a la humedad relativa, debe ser alta alrededor de 85%. La Pimienta negra no es adecuada para regiones con humedad relativa baja. (FHIA) (2006).

I. Otros factores

Son además factores climáticos importantes, una buena luminosidad y vientos de poca intensidad que activen la evapotranspiración y el movimiento del polen. Los vientos fuertes pueden ocasionar la rotura o caída de los tutores.

✓ *Altitud*

En Honduras la pimienta negra produce mejor comercialmente en alturas inferiores a 500 metros sobre el nivel del mar (msnm), aunque se puede cultivar hasta los 1,000 msnm y se adapta hasta los 1, 500 msnm. (FHIA) (2006).

✓ *Suelos*

Los mejores suelos para el cultivo deben ser preferiblemente aluviales, ricos en materia orgánica, profundos, bien drenados, de pendiente suaves. La buena permeabilidad es muy importante, sobre todo en regiones de alta precipitación. No son recomendables los suelos arcillosos ni los arenosos por su baja retención de humedad y nutrientes, Se requiere que los suelos tengan un buen drenaje tanto interno como externo. El hecho de sembrar pimienta negra en laderas no garantiza su éxito, por lo que el suelo debe tener un buen drenaje interno. (FHIA) (2006).

J. Adecuación del terreno para la siembra

✓ *Preparación del terreno*

La pimienta negra se puede cultivar en terrenos planos y en terrenos inclinados o laderas con pendientes menores del 40%. Los terrenos con pendientes mayores al 40% son muy susceptibles a la erosión y dificultan las prácticas mecánicas, agronómicas y culturales, por lo cual no se recomienda su utilización agrícola.

Los terrenos planos en sitios con depresiones o concavidades por lo general presentan problemas de drenaje por encharcamiento o por presencia de niveles freáticos superficiales. El cultivo de pimienta es muy susceptible al mal drenaje que causa bajos niveles de oxígeno y consecuentemente muerte de las raíces. En estos sitios se deben de disponer de canales para interceptar las recargas hídricas superficiales o subsuperficiales provenientes de zonas aledañas al cultivo.

Las labranzas en suelos relativamente planos se pueden efectuar en forma mecánica. La incorporación de materiales orgánicos y/o encalado debe hacerse con antelación al cultivo para permitir que los mismos reaccionen con el suelo.

Los terrenos inclinados presentan mayores dificultades en su adecuación; para definir las disposiciones de siembra y estructuras deben comenzarse por el trazo de las curvas a nivel. Los suelos en laderas se preparan con azadón o con bueyes formando terrazas y/o camellones en contrapendiente y sobre las curvas de nivel, si existe arcilla en la superficie del suelo, los surcos entre camellones servirán de drenaje por lo tanto en su trazo debe tener pendiente que permita el movimiento de los excesos de agua en un canal colector, que normalmente se traza con la pendiente.

En ambos tipos de terreno se recomienda la siembra en camellones, de unos 50 cm de ancho por el 15-30 cm de alto, los que proveen aeración a las raíces y el suelo drena rápidamente. Eventualmente con las prácticas de cultivo, como el aporque, los camellones se vuelven montículos alrededor de la planta y el tutor.

✓ **Coberturas**

En terrenos inclinados y en aéreas lluviosas es conveniente establecer cultivos de cobertura o de barrera entre los surcos. Pueden utilizarse leguminosas de tipo erecto como *Crotalaria* sp, *Arachis pintoii*, y gramíneas. La cobertura se puede mantener extendida durante el primer año de crecimiento, pero luego se reproduce a barreras de unos 30 cm de ancho para minimizar la erosión. (FHIA) (2006).

✓ **Tutorado**

Aunque puede cultivarse a plena exposición solar, la pimienta negra es originalmente una planta umbrófila (planta de sombra), especialmente en los primeros 3 años del trasplante (estado juvenil). El ambiente sombreado permite mantener plantas más vigorosas que las que se desarrollan al sol. Sin embargo, el cultivo a plena exposición solar tiene un mayor potencial el rendimiento cuando hay condiciones óptimas del clima y suelo. Además de estas condiciones, el cultivo a pleno sol requiere un manejo intensivo en donde el control de malezas y la fertilización demandan mayor cantidad de recursos en comparación al plantado con sombra. El grado de sombra que demanda la pimienta puede ser suministrado por plantas que sirven de soporte a la misma denominada tutores. Estos, pueden ser de dos tipos: tutor muerto y vivo. (FHIA) (2006).

✓ **Tutor muerto**

Este tipo de tutor tiene como única función dar soporte a la planta, ya que por su naturaleza inerte no puede establecer ningún tipo de relación biótica entre ellos. Debido a la vida útil del cultivo de pimienta (más de 15 años), se requiere usar para tutor muerto especies de madera dura o tutores de concreto armado. (FHIA) (2006).

✓ **Tutor vivo**

Como su nombre lo indica se trata de otra planta con sus propias características y fisiología, que en alguna forma establecen relación con la planta de pimienta. Por su naturaleza de organismo vivo, pueden afectar positivamente o negativamente una a la otra, según el método de propagación (del tutor), de las prácticas de manejo o de las condiciones ambientales donde se establece el cultivo. Muchas veces el tutor vivo se constituye en otro cultivo que además de su función principal como soporte, aporta beneficios complementarios, como es el caso de la leña y la madera. (FHIA) (2006).

✓ **Poda y amarre**

Las podas más recomendadas en el cultivo de pimienta son:

- Poda de formación
- Poda de sanidad o mantenimiento

✓ **Poda de formación**

Tiene como objetivo diseñar la estructura de la planta. La poda de formación se realiza después del sexto mes y antes del octavo mes del trasplante. Consiste en cortar los tallos entre los 15 y 30 cm del suelo. La parte cortada sirve para replantar esquejes. Posterior a la poda, la planta emite un gran número de tallos, de los cuales solamente se conservan una docena que se conducen guiándolos o amarrándolos al tutor. En los años siguientes será suficiente con realizar podas de mantenimiento. (FHIA) (2006).

✓ **Poda de sanidad o mantenimiento**

La poda de sanidad o mantenimiento es la poda que se realiza regularmente cuando la planta productora ha alcanzado una altura entre 2.5-3.0 m. esta es la altura adecuada para manejar la plantación. Este tipo de poda es necesaria para evitar que la planta crezca demasiado, además permite la entrada de luz en toda la plantación y con

esto se logra mayor fructificación, ya que hay más floración lo que permite obtener cosechas más frecuentes (cada 30 días) y se reduce la incidencia de enfermedades causadas por hongos. Si se deja a los tallos de pimienta subir indefinidamente a lo largo de sus tutores, su rápido alargamiento provoca el debilitamiento de planta y la caída de la corteza de la base. Por esto, es necesario llevar a cabo un cierto número de podas sucesiva, con el fin de reforzar la base de la planta. (FHIA) (2006).

✓ **Amarre**

El amarre debe de ser efectuado cuando la planta tiene de 30 a 40 cm de altura fijando la planta de pimienta al tutor y debe continuarse hasta que la planta se adhiera al tutor por medio del desarrollo de varias raíces. (FHIA) (2006).

✓ **Riego**

La planta de pimienta negra en los países donde se cultiva comercialmente, tiene su mayor respuesta en zonas tropicales con alta precipitación. En Honduras cumple con esta característica algunas zonas como el Lago de Yojoa y el Litoral Atlántico, cuyas precipitaciones han sido de 3,000 mm/año y hasta 3,200 mm/año.

Dependiendo de la zona, durante la época seca y en caso de inviernos deficientes, es importante suministrar el volumen de agua requerido y/o complementario a la plantación.

El cultivo de pimienta demandada como mínimo una absorción de 1,200 a 1,800 mm de agua bien distribuida durante todo el año, para cumplir satisfactoriamente con su acción fisiológica y productiva.

✓ **Fertilización**

La planta de pimienta ha mostrado respuesta a nitrógeno y potasio, mientras que las respuestas a fósforo es muy pequeña. La mezcla en nitrógeno, fósforo y potasio en proporción 12:5:14 ha dado buenos resultados, con adición de magnesio y los

micronutrientes hierro, cobre, zinc, manganeso, boro, molibdeno, en aplicaciones foliares. (FHIA) (2006).

2.3.2 Métodos de propagación de Pimienta negra (*Piper nigrum*)

✓ Por acodos

La planta de pimienta puede propagarse fácilmente por medio de acodos. Esto se consigue con extender el tallo en el suelo para que cada nudo forme raíces al contacto con la tierra. Otro sistema semejante al anterior consiste en efectuar el acodo aéreo y se hace en la parte aérea de la planta. Para obtener el acodo se remueve la corteza de tallo ortotrópico y se cubre con aserrín húmedo o musgo, luego se envuelve con papel aluminio o polietileno transparente, se amara en ambos extremo. Al término de 45-60 días los estolones están enraizados, listos para colocarlos en bolsas de vivero, o bien, pueden ser llevados al campo definitivo en época lluviosa. (FHIA) (2006).

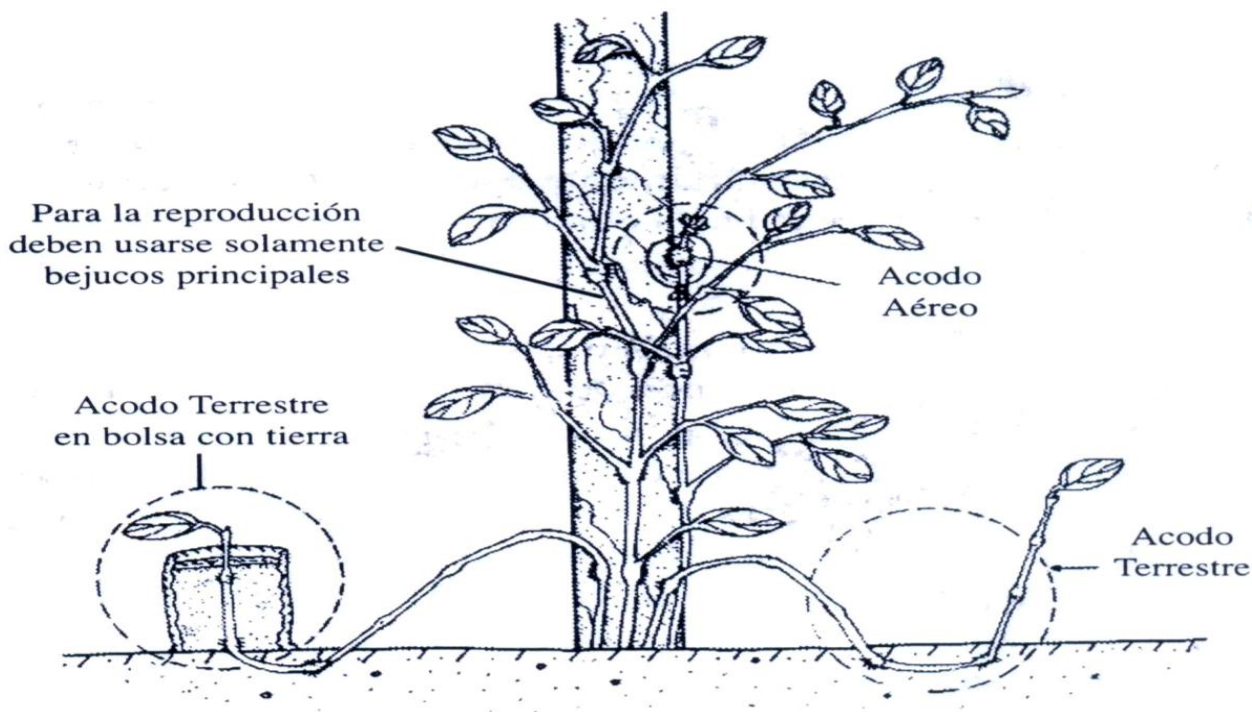


Figura 5. Tipos de acodos de Pimienta negra (*Piper nigrum*)
FUENTE: FHIA

✓ **Por esquejes**

La propagación de esqueje es el procedimiento normal para propagar la planta de pimienta negra. Se puede hacer de diferentes maneras según el país en que se practica. Se utiliza como material de esqueje los brotes terminales. Se utiliza una parte de la guía terminal ortotrópica o una rama lateral plagiotrópica. En la India se utiliza como material de esqueje los estolones que corren al ras del suelo. Habitualmente estos brotes se cortan cada año al comienzo de la estación lluviosa, pero se conservan hasta cuando se prevé la necesidad de material para plantar. Si dejan al contacto del suelo, estos estolones emiten raíces en cada nudo. (FHIA) (2006).

En Bangka, Indonesia lo mismo que en Sarawak, Malasia solamente se usan esqueje de tallos ortotrópicos. Estos provienen de lianas o bejucos de un año de edad, cortados o bien de viveros de esquejes formados por bejucos, que se podan todos los años. Todos están constituidos por tallos ortotrópicos que crecen a lo largo de un tutor y provisto en cada nudo de raíces-garfillo bien desarrolladas. Estos esquejes de 30 cm de longitud aproximadamente deben tener un mínimo de cinco nudos y un máximo de siete, lo que es mejor cuando aún están fijados en el tallo madre. Se comienza por separar la yema terminal de los tallos seleccionados, luego se cortan cerca del tallo las ramas laterales y las hojas ubicadas entre los nudos tres y siete a partir del vértice del tallo. Pasados entre siete y diez días, se desarrolla una nueva yema terminal y las heridas que dejan las hojas y ramas laterales empiecen a cicatrizar, este es el momento de cortar el esqueje. Para esto se corta el tallo hacia el séptimo nudo y se separa del tutor teniendo cuidado de no dañar las raíces adventicias. Estos esquejes se plantan directamente en el lugar definitivo. (FHIA) (2006).

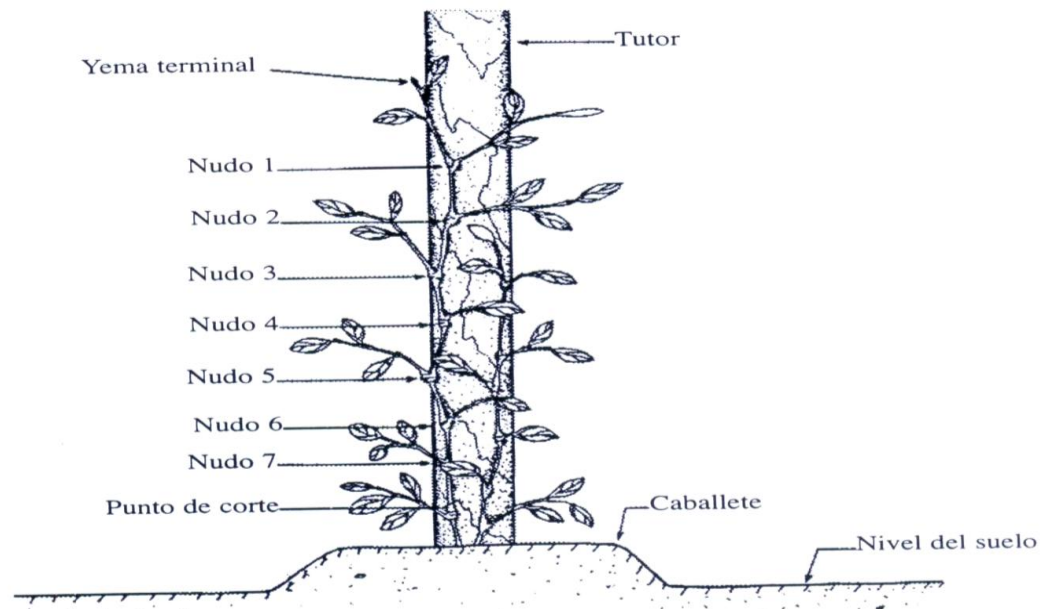


Figura 6. Selección de esquejes de tallo ortotrópico
FUENTE: FHIA

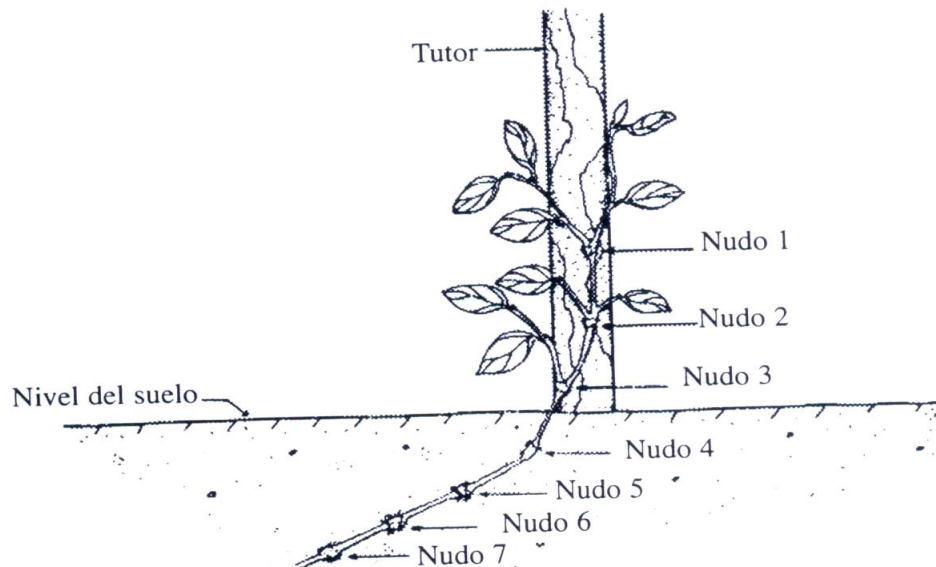


Figura 7. Establecimiento de esquejes en campo
FUENTE: FHIA

✓ **Por semilla**

Este procedimiento de multiplicación se utiliza escasamente con la pimienta negra, pues representa grandes inconvenientes, produciendo plantas de tipos muy diferentes. Una plantación establecida con tales plantas, carece evidentemente de homogeneidad. Las plantas que provienen de semillas son más pequeñas y no tienen ramas en la base, estas crecen de 1.0 a 1.5 m aproximadamente son delgadas y de mal crecimiento. Empiezan a producir mucho más tarde (se calcula que a los dos años) y algunas incluso son improductivas, probablemente porque se mantienen en la forma unisexual. Muchos autores afirman que las plantas procedentes de semillas tienen una vida más corta. La producción por vía sexual presenta gran interés en dos casos, en la introducción del cultivo de la pimienta a un país si no se pueden traer los esquejes de un lugar productor, o bien para la creación de nuevas variedades. (FHIA) (2006).

2.3.3 Propagación asexual

En las plantas superiores se reconocen dos formas de propagación. La sexual y asexual.

La reproducción asexual, esto es, la reproducción empleando partes vegetativas de la planta original, es posible porque cada célula de la planta contiene la información genética de la planta para generar la planta entera. La reproducción puede ocurrir mediante la formación de raíces y tallos adventicios o por medio de la unión de partes vegetativas por injerto. (Hudson. T. Hartman. ; Dale E. Kester.) (1988).

La propagación vegetativa es asexual en cuanto a que involucran divisiones mitóticas de las células, que duplican el genotipo de la planta; esta duplicación genética se designa clonación y a la población de plantas descendientes se les llama clones. En la clonación las características específicas de cualquier planta individual son perpetuadas por propagación. (Hudson. T. Hartman. ; Dale E. Kester.) (1988).

K. Efectos de la propagación asexual

Las plantas obtenidas asexualmente constituyen un clon. Excepto, casos en que se presentan mutaciones somáticas, todos los miembros de un solo clon, son idénticos, pues sus tejidos tienen origen en división mitótica, por lo tanto, no es posible que los miembros de un par de cromosomas homólogos se separen para juntarse con otros, sino que permanecen apareados como en la célula de origen, independientemente de si son homocigóticos o heterocigóticos. La reproducción asexual a partir de yemas que pueden estar en un tallo aéreo (estaca o esqueje), tiene muchas ventajas, principalmente la de guardar con fidelidad el tipo de la planta madre pues no hay introgresión de genes extraños. (Rojas Garcidueñas M.; Rovalo M. M.) (1979).

L. Clonación

La clonación hace posible, el aprovechamiento de una sola planta individual con un genotipo único. Con los progresos modernos en la propagación de plantas, la clonación se ha convertido en un instrumento de selección importante. (Hudson. T. Hartman. ; Dale E. Kester.) (1988).

Otras de las características significativas de la clonación es que como todos los miembros del clon tienen el mismo genotipo básico, la población tiende a ser fenotípicamente muy uniforme. Por lo general todos los miembros de un clon tienen el mismo aspecto, tamaño, época de floración, época de maduración, etc. (Hudson. T. Hartman. ; Dale E. Kester.) (1988).

2.3.4 Hormonas vegetales

Las hormonas vegetales son compuestos orgánicos, distintos de los nutrientes, producidos por las plantas, los cuales en concentraciones bajas regulan los procesos fisiológicos vegetales. (Hudson. T. Hartman. ; Dale E. Kester.) (1988).

Las hormonas vegetales, son fitoreguladores naturales que tienen acción en un lugar de la planta distinto de donde se produce. Existen varios grupos de hormonas; el más conocido es el de las auxinas. (Rojas Garcidueñas M.; Rovalo M. M.) (1979).

Los fitoreguladores pueden ser naturales si los produce la propia planta, o sintéticos. (Rojas Garcidueñas M. Ramírez H.) (1993)

Los fitoreguladores más utilizados tienen moléculas iguales o muy similares a las hormonas naturales, por lo que se consideran hormonas sintéticas. La acción de los reguladores de crecimiento hormonales es la misma, o muy parecidas a las de las hormonas naturales. (Rojas Garcidueñas M.; Rovalo M. M.) (1979).

A menudo los fitoreguladores sintéticos pueden tanto estimular unos procesos como deprimir otros. Igualmente algunas hormonas pueden ser estimulantes a bajas dosis o inhibidores a dosis altas; el umbral depende de la especie de planta. (Rojas Garcidueñas M.; Rovalo M. M.) (1979).

M. Propagación asexual y uso de reguladores de crecimiento

A menudo los esquejes de algunas especies muestran dificultad para enraizar; se ha estimulado el proceso por el uso de auxinas. Sin embargo se advierte que el uso de hormonas no debe impedir, el tomar precaución al plantar los esquejes, como el seleccionar ramas jóvenes y fuertes. Las auxinas que han probado ser mejores para inducir enraizamiento son el ácido-indolbutírico (IBA) y el ácido naftalenacético (NAA). (Rojas Garcidueñas M. Ramírez H.) (1993)

2.3.5 Bases anatómicas y fisiológicas de la iniciación de raíces

Para la iniciación de raíces adventicias, algunas concentraciones de materiales que ocurren naturalmente tienen una acción hormonal más favorable que otras. Para distinguir entre hormonas vegetales y sustancias reguladoras del crecimiento de las plantas, puede decirse que todas las hormonas regulan el crecimiento; pero que no todas las sustancias

reguladoras del crecimiento son hormonas. Varias clases de reguladores de crecimiento como las auxinas, citocininas, gibberalinas, influyen en la iniciación de raíces. De ellos, las auxinas son las que ejercen mayor efecto en la formación de raíces en las estacas. (Hudson. T. Hartman. ; Dale E. Kester.) (1988).

N. Formación de raíces adventicias

En varias especies de plantas se forman raíces de manera natural. Cuando se hace una estaca con fines de propagación asexual, las células que están en la superficie cortada son lesionadas, quedando expuestas las células muertas y conductoras del xilema. El proceso subsiguiente es la cicatrización y regeneración ocurre en tres pasos, muerte de células lesionadas, formación de una capa de células de parénquima (callo) y la iniciación de raíces adventicias. (Hudson. T. Hartman. ; Dale E. Kester.) (1988).

Los cambios anatómicos que pueden observarse en el tallo durante la iniciación de las raíces, pueden dividirse en cuatro etapas, desdiferenciación, formación de iniciales de raíz, desarrollo de primordios de raíz y emergencia de raíces. (Hudson. T. Hartman. ; Dale E. Kester.) (1988).

2.3.6 Auxinas

El termino auxina designa cualquier hormona perteneciente al grupo auxínico pero a menudo se usa como sinónimo del ácido indolacético (IAA) que es la principal auxina natural. (Weaver R. J.) (1976).

Las auxinas desempeñan una función importante en la expansión de las células de tallos y coleoptilos. Las auxinas estimulan también la división celular, por ejemplo frecuentemente fomentan el desarrollo de los callos, de los que se desprenden crecimientos similares a raíces, son muy efectivas en iniciar la formación de raíces de varias especies vegetales. Esta respuesta fue base de la primera aplicación práctica en la agricultura, de sustancias de crecimiento. La aplicación de auxinas realiza con frecuencia la dominancia apical. (Weaver R. J.) (1976).

El principal efecto auxínico es la estimulación del alargamiento celular o su depresión según la concentración del producto. Las auxinas, en interacción con otras hormonas, ejercen un efecto característico sobre la diferenciación celular, promoviendo la formación de órganos adventicios. (Rojas Garcidueñas M.; Rovalo M. M.) (1979).

Se ha confirmado muchas veces que la auxina, natural o aplicada artificialmente, es un requerimiento para la iniciación de raíces adventicias en tallos, y hasta se ha demostrado que la división de las primeras células iniciales depende de la presencia de auxinas, ya sea aplicada o endógena. (Hudson. T. Hartman. ; Dale E. Kester.) (1988).

O. Mecanismo de acción de las auxinas

Se han propuesto varios mecanismos acerca de la acción de las auxinas sobre los ácidos nucleicos. Según uno de ellos actúa removiendo la capa de histonas que envuelve a la cadena de DNA y descubre mensajes que, sin su acción, quedarían reprimidos. Otra hipótesis supone que el IAA actúa a nivel de la traducción del mensaje, precisamente sobre el enlace del aminoácido con el ATP que lo activa para unirse al RNA mensajero. En muchas plantas y partes vegetales las auxinas provocan y fomentan la síntesis de RNA y proteínas. (Rojas Garcidueñas M. Ramírez H.) (1993)

Actualmente se sabe que el contenido de RNA y el tipo de este varían con la adición de auxina, así como también la clase de proteínas y enzimas. Pude decirse que el alargamiento celular, incremento de la respiración y del metabolismo energético, y cambio en el tipo de RNA, enzimas y proteínas son la base de muchos otros efectos auxínicos, que son los más notables a primera vista y los más importantes en la agricultura. Las auxinas también inhiben la dominancia apical. (Rojas Garcidueñas M.; Rovalo M. M.) (1979).

Las auxinas tienen la propiedad también de actuar como herbicidas, gran parte de ello se debe a los efectos epinásticos ocasionados por la propiedad común a todas las

auxinas de estimular la producción de etileno; el etileno es una hormona notoria por causar epinastia. (Salisbury. F. B.; Ross. C. W.) (1992).

P. Bases fisiológicas de las auxinas en la formación de raíces

Estudios fisiológicos realizados con estacas, han demostrado y dilucidado el papel de las auxinas en el intrincado proceso de la iniciación de raíces. En los estudios realizados a estacas se encontró que la formación y desarrollo de raíces se efectúa en dos periodos básicos:

✓ ***Periodo de iniciación***

Este periodo es en el cual se forman los meristemas de la raíz. Este periodo puede a su vez dividirse en dos etapas.

Etapas de auxina activa

Esta etapa dura unos cuatro días, durante la cual para que se formen las raíces se debe proporcionar auxina, procedente ya sea de una yema terminal o auxina aplicada artificialmente. (Hudson. T. Hartman. ; Dale E. Kester.) (1988).

Etapas de auxina inactiva

Suspendiendo la auxina en esta etapa, que dura unos cuatro días, no se afecta adversamente la formación de raíces. (Hudson. T. Hartman. ; Dale E. Kester.) (1988).

✓ ***Periodo de elongación y crecimiento de la raíz***

Durante este periodo la punta de la raíz crece hacia fuera a través de la corteza, emergiendo finalmente de la epidermis del tallo. Entonces en los primordios de la nueva raíz se desarrolla un sistema vascular y se conecta con los haces vasculares adyacentes. En este periodo no se demuestra respuesta a la axina. (Hudson. T. Hartman. ; Dale E. Kester.) (1988).

Q. Citocininas

Las citocininas son hormonas vegetales o sintéticas que intervienen en el crecimiento y diferenciación de las células. (Hudson. T. Hartman. ; Dale E. Kester.) (1988).

Por su actividad se asemejan a la cinetina, primera citocinina descubierta. Son sustancias de crecimiento de las plantas, que provocan la división celular. (Weaver R. J.) (1976).

✓ **Mecanismo de acción de las citocininas**

Quizás las citocininas actúan a nivel molecular o de los genes, pero aún se desconoce su mecanismo de acción. El hecho de que muchas citocininas se hayan aislado a partir de preparados de RNA, indican que las citocininas están relacionadas de algún modo con los ácidos nucleicos. (Weaver R. J.) (1976).

Fundamentalmente se supone que se adhiere al RNA de transferencia y, cuando esto sucede en determinados sitios, provoca el funcionamiento de ciertos codones, controlando así la síntesis de algunas proteínas y enzimas. (Rojas Garcidueñas M. Ramírez H.) (1993).

R. Giberalininas

Las giberalininas se sintetizan principalmente en las hojas jóvenes y en las semillas en cuyo endospermo se ha encontrado un receptor no identificado. El nivel de giberalina aumenta conforme se desarrolla el embrión y luego decrece cuando la semilla madura. Se conocen actualmente 72 giberalininas, pero no todas aparecen en las plantas superiores y muchas de ellas no son activas posiblemente por carecer de receptor. (Rojas Garcidueñas M.; Rovalo M. M.) (1979).

Hay evidencia de que también son sintetizadas en la raíz, al menos en algunas plantas y también puede estar presente en la savia de las plantas. Mecanismo de acción de las giberelinas. (Rojas Garcidueñas M. Ramírez H.) (1993)

Las giberelinas actúan sobre el RNA desreprimiendo genes que en algunos casos se han identificados. A diferencia de las auxinas la acción estimulante de crecimiento se manifiesta en un rango muy amplio de concentraciones lo cual parece indicar que el número de receptores es muy grande o bien hay una continua síntesis de ellos. (Rojas Garcidueñas M.; Rovalo M. M.) (1979).

2.3.7 Utilización de reguladores del crecimiento para estimular el enraizamiento

Entre los que comúnmente se utilizan, uno de los mejores estimuladores del enraizamiento es la auxina IBA. Tiene una actividad auxínica débil y los sistemas destructores de auxinas la destruyen en forma relativamente lenta. Un producto químico persistente resulta muy eficaz como estimulante de las raíces. Debido a que el AIB se desplaza muy poco, se retiene cerca del sitio de aplicación. Los reguladores del crecimiento que se desplazan con facilidad pueden causar efectos indeseables de crecimiento en la planta propagada. Los reguladores de crecimiento pueden modificar tanto el tipo de raíces, como el número en que se produzcan. (Weaver R. J.) (1976).

2.3.8 Métodos de aplicación de reguladores de crecimiento

Existen muchos métodos para aplicar cantidades suficientes de reguladores de crecimiento a las estacas o tallos. No obstante los únicos tres métodos en la actualidad, que han llegado a utilizarse amplia y prácticamente son la de inmersión rápida, el remojo prolongado y el espolvoreado. (Weaver R. J.) (1976).

S. Método de inmersión rápida

En este método los extremos basales de las estacas se sumergen apropiadamente durante 5 minutos en la solución concentrada. El producto químico puede adsorberse a

través del tejido intacto, cicatrices de las hojas, heridas o cortes en los extremos apical o basal de las estacas o tallos. Luego las estacas o tallos se colocan inmediatamente en el medio de enraizamiento. Este método tiene la ventaja de requerir menos equipo en el remojo, que la técnica de remojo prolongado. La cantidad de auxinas aplicada por unidad de superficie de la base de la estaca, es constante y depende menos de las condiciones externas. La misma solución puede usarse varias veces, sellando herméticamente para evitar su contaminación. (Weaver R. J.) (1976).

T. Método de remojo prolongado

En este método las estacas o tallos se remojan en la solución madre de auxinas durante 24 horas en un lugar sombreado a temperatura ambiente, colocándolos inmediatamente en el medio de enraizamiento. Las cantidades de compuesto químico absorbido por cada corte dependen de las condiciones ambientales, y las especies utilizadas. (Weaver R. J.) (1976).

U. Método de espolvoreado

En este método la estaca o tallo se trata con una hormona de crecimiento mezclada con un portador (un polvo fino inerte que puede ser arcilla o talco). Se emplean dos métodos, uno de ellos es moler los cristales de la auxina a fin de formar un polvo fino y a continuación mezclar ese polvo fino con el portador. El otro consiste en empapar el portador en una solución alcohólica de sustancia de crecimiento, dejando luego que se evapore el alcohol, a fin de que el portador permanezca en forma de polvo. . (Weaver R. J.) (1976).

Con frecuencia resulta conveniente efectuar cortes nuevos antes del tratamiento en la base de las estacas o tallos para facilitar la absorción. Los primeros 3 cm. del área basal de la estaca o tallos se humedece en agua y luego se pasa por el polvo. Debe retirarse de la estaca todo exceso de polvo para evitar efectos tóxicos. A continuación las estacas o tallos se plantan inmediatamente, teniendo cuidado de no eliminar por frotación

la capa de polvo adherido. Pueden surgir dificultades para obtener resultados uniformes mediante este método, debido a la variabilidad en la cantidad de material que se adhiere a las estacas o tallos. (Weaver R. J.) (1976).

2.3.9 Respuestas de las estacas o tallos ante los reguladores de crecimiento

El objeto de tratar estacas o tallos con sustancias reguladoras de crecimiento de tipo auxina, es aumentar el porcentaje de estacas o tallos que forman raíces, acelerar la iniciación de raíces, aumentar el número y la calidad de raíces producidas por estaca o tallo, aumentar la uniformidad del enraizamiento y el prendimiento, es decir, el porcentaje de estacas o tallos que crecen vigorosamente en el vivero o el campo. (Weaver R. J.) (1976).

V. Utilización de estacas o tallos en el enraizamiento

Casi todos los órganos vegetales, como tallos, hojas, espolones, raíces e incluso flores y frutos, pueden producir raíces. Generalmente los tallos son las estructuras favoritas de enraizamiento, debido a que por lo común tienen suficiente tejido no diferenciado, para permitir la diferenciación de los primordios de las raíces y, además, sus yemas ya se han formado. Resulta favorable la presencia de yemas en las piezas de propagación debido a que el tratamiento de auxinas que promueven el enraizamiento, no favorecen el desarrollo de brotes. (Hudson. T. Hartman. ; Dale E. Kester.) (1988), (Weaver R. J.) (1976).

2.3.10 Factores que influyen en el enraizamiento

Los factores primordiales que afectan el enraizamiento de las estacas han sido discutidos ampliamente. La utilización de reguladores de crecimiento no evita la necesidad de otras prácticas recomendadas de propagación, como la de selección de buenos materiales para estacas, la utilización de un buen método de enraizamiento, el mantenimiento de la humedad adecuada y la elección de las condiciones apropiadas de

luz, ventilación y temperatura, todos los cuales son requisitos previos para que la iniciación de las raíces sean óptimas. (Weaver R. J.) (1976).

2.3.11 Sustancias promotoras del enraizamiento

El propósito de tratar los esquejes con reguladores de crecimiento es aumentar el porcentaje de enraizamiento, reducir el tiempo de iniciación de raíces y mejorar la calidad del sistema radicular formado. (Weaver R. J.) (1976).

Existe gran cantidad de sustancias naturales sintéticas que han mostrado su capacidad como promotores del enraizamiento, pero los siguientes son los más comunes: Acido Indol – Acético (AIA), Acido Indol-3-butírico (IBA), Acido Naftalenacetico, Acido 2,4-Diclorofenoxiacetico (2,4-D). (Weaver R. J.) (1976).

W. *Ácido Indol – Acético (AIA)*

Una de las principales auxinas que aparece en las plantas superiores, se detecto en una gran cantidad de tejidos vegetales. Por lo común, el nivel de AIA en tejidos de plantas varía según la etapa de desarrollo del vegetal. Su efectividad como promotor del enraizamiento es generalmente menor que la de otros compuestos sintéticos. Esto se debe que las plantas poseen mecanismos que remueven el AIA de sus sistemas, conjugándolos con otros compuestos o destruyéndolo, lo cual reduce su efectividad; también, al ser soluble en agua, es fácilmente lavado del sitio de aplicación con lo cual obviamente deja de ejercer su efecto. Además, las soluciones no estériles de AIA son rápidamente destruidas por microorganismos y por la luz fuerte del sol. (Weaver R. J.) (1976).

X. *Ácido Indol-3-butírico (IBA)*

Él IBA es una auxina sintética químicamente similar al AIA que en la mayoría de las especies se ha demostrado ser más efectiva que cualquier otra y es actualmente la de

mayor uso como sustancia promotora del enraizamiento. (Hudson. T. Hartman. ; Dale E. Kester.) (1988).

Tiene las ventajas de que no es toxica en un amplio rango de concentraciones, no es degradada fácilmente por la luz o microorganismos y al ser insoluble en agua, permanece por más tiempo en el sitio de aplicación donde puede ejercer un mayor efecto. Él AIB produce un sistema de raíces fuertes y fibrosas. (Weaver R. J.) (1976).

Y. *Ácido Naftalenacetico (ANA)*

El ANA es también una sustancia sintética por poder auxinico es junto al IBA, una de las hormonas del enraizamiento más utilizadas en la actualidad. Posee las mismas ventajas de estabilidad del AIB y también ha probado ser más eficientes que el AIA. Su desventaja principal es que generalmente ha demostrado ser más tóxica que él AIB bajo concentraciones similares. *Ácido 2,4-Diclorofenoxiacetico (2,4-D)*. (Weaver R. J.) (1976).

El 2,4-D promueve el enraizamiento en ciertas especies; no obstante, puesto que es potente y se desplaza con facilidad, por lo común tiende a inhibir el desarrollo de los brotes y a originar daños en ellos, sobre todo cuando se utiliza mucho del producto químico. A menudo produce un sistema de raíces atrofiado y matoso, compuesto de raíces dobladas y gruesas. (Weaver R. J.) (1976).

El *Ácido 2,4-Diclorofenoxiacetico (2,4-D)*, más conocida por su acción herbicida. (Salisbury. F. B.; Ross. C. W.) (1992).

2.3.12 *Experiencias obtenidas en otros estudios*

(Astorga, O. C. 1998), en su trabajo de caracterización y pruebas de enraizamiento de dos variedades de Pimienta negra, menciona que los mejores resultados en la producción de raíces a la aplicación de IBA, se obtuvieron utilizando la variedad Lampong, aplicando una concentración de 1000ppm de IBA, en esquejes de 4 nudos.

(Toc Chiquin, M. O. 1992), realizo una caracterización y pruebas de enraizamiento en las variedades de Pimienta negra Lampong (Balamkota) y Muntok (Kudarivalli). En las pruebas de enraizamiento utilizo cuatro concentraciones de IBA, las cuales se aplicaron en 120 esquejes de cuatro nudos sin hojas de ambas variedades, siendo 1000, 2000, 3000, 4000 ppm las concentraciones evaluadas.

Se efectuó el análisis de varianza y la variable de respuesta fue, Peso seco de raíces (PS), en donde los resúmenes de los resultados del análisis de varianza efectuado, indican que no hubo diferencias significativas en la aplicación de ninguna de las concentraciones evaluadas en cuanto al Peso seco de raíces (PS), deduciendo que las concentraciones AIB evaluadas se comportaron de igual manera en la formación de raíces en esquejes de Pimienta negra.

(Riveiro Caal, H. A. 1992), evaluó los efectos de diferentes sustratos y numero de nudos por esqueje en el enraizamiento de Pimienta negra, los sustratos evaluados fueron, arena de rio, aserrín y tierra, en esquejes de dos, tres y cuatro nudos de la variedad Lampong. En el resumen del análisis de varianza efectuados a los tratamientos se observó que no existieron diferencias significativas en cuanto al peso fresco de raíces y al porcentaje de pegue de los esquejes con los sustratos evaluados, aunque el sustrato que mejor respondió, según la comparación de sus medias, fue la arena de rio, pues en ella se obtuvo el más alto porcentaje de pegue y con esquejes de tres nudos.

2.4 MARCO REFERENCIAL

2.4.1 Ubicación y descripción del sitio del experimento

La investigación se realizó bajo condiciones de la aldea Las Pavas, localizada en el departamento de Izabal, a 8 km. del municipio de Puerto Barrios, sobre la carretera que conduce a Santo Tomas de Castilla hacia Las Escobas. Ubicada en el área cuya zona de vida es Bosque Muy Húmedo Tropical (Bmh-T) y Bosque Muy Húmedo Sub-tropical cálido (Bmh-S(c)) según Holdridge.

Dicho lugar se encuentra entre las coordenadas UTM 1738618, 1738622, 1738616 y 1738613 a una altura que oscila entre los 0 y 1,267 MSN; con una precipitación anual promedio de 3, 500 milímetros, con temperaturas máximas y mínimas absolutas entre los 36 y 14 grados Celsius, con una humedad relativa media anual de 83%.

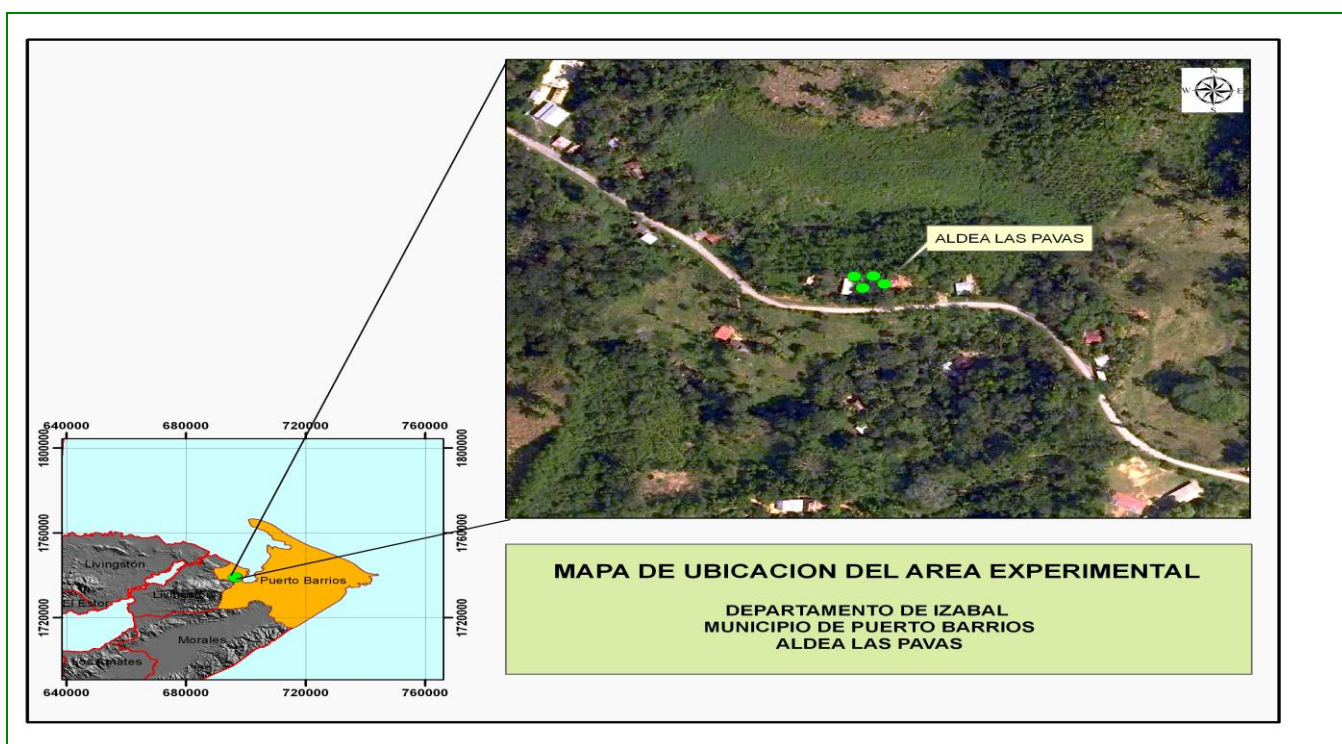


Figura 8. Mapa de ubicación del área experimental

2.4.2 Materiales genéticos evaluados

La Pimienta negra (*Piper nigrum*), es una de las especies de mayor importancia en el mercado mundial. Actualmente existen muchas variedades y clones cultivados en los diferentes países productores, sin embargo la variedad Kuching es la que se toma como referencia para determinar el rendimiento y calidad de las demás variedades en el mercado de exportación. (Riveiro Caal, H. A.) (1992).

Todas las variedades cultivadas comercialmente están incluidas en dos grandes grupos, el primer grupo denominado “Lampong” o “Kawur” se caracterizan por que las plantas son grandes y poseen entrenudos largos teniendo como representante las variedades Balancotta y Chumala. El otro grupo conocidos más cortos cuyos representantes son las variedades Kalluvally y Kottonadan. (Toc Chiquin, M. O.) (1992).

En el presente estudio se evaluaron las variedades Balancotta y la Kalluvally, que producen buen tamaño de racimo, con grano grande, recomendadas por su alto rendimiento y su resistencia a la pudrición radical ocasionada por *Phytophthora*. (FHIA) (2006).

2.5 OBJETIVO

2.5.1 General

- Desarrollar un procedimiento para la propagación vegetativa de Pimienta negra (*Piper nigrum*).

2.5.2 Específicos

- Determinar la mejor concentración de ácido indolbutírico (IBA) en el enraizamiento de esquejes de dos variedades de Pimienta negra (*Piper nigrum*).
- Determinar la rentabilidad del método de propagación utilizado.

2.6 HIPÓTESIS

- Una de las dos variedades de Pimienta negra (*Piper nigrum*), responderán de mejor manera a la aplicación de las cinco concentraciones de ácido indolbutírico (IBA) evaluadas.
- La aplicación de 1000 ppm de ácido indolbutírico a los esquejes de la variedad Balamkota y Kalluvally de Pimienta negra (*Piper nigrum*), producirá los mejores resultados en cuanto a la formación de raíces.

2.7 METODOLOGÍA

2.7.1 Colecta de material vegetal

Los esquejes que se utilizaron se colectaron de plantas de pimienta negra (*Piper nigrum*), de las variedades Balamkota y Kalluvally, existentes en el Centro de Adaptación y Caracterización del Cultivo. Los esquejes se colectaron durante las primeras horas de la mañana cuando el material vegetal se encontraba turgente, procurando que fueran esquejes robustos, bien formados, jóvenes y lo suficientemente fuertes y flexibles para poder ser manipulados, los cuales poseían de 2 a 3 nudos sin hojas, de tallos ortotrópicos de plantas ya en producción.

Se colectaron 300 esquejes de la variedad Balamkota y 300 esquejes de la variedad Kalluvally.



Figura 9. Selección de plantas y colecta de material vegetal



Figura 10. Esquejes de Pimienta negra (*Piper nigrum*) de tres y cuatro nudos

2.7.2 Factores evaluados y tratamientos

En este estudio se evaluaron 2 factores, siendo:

Factor A: variedades de Pimienta negra (*Piper nigrum*):

- a. A1= Balamkota
- b. A2 = Kalluvally.

Factor B: concentraciones de ácido indolbutírico (IBA)

- a. B1= 0ppm
- b. B2= 500 ppm
- c. B3= 1000 ppm

d. B4= 1500ppm

e. B5=2000p

2.7.3 Preparación de soluciones

Se prepararon cinco concentraciones de Ácido indolbutírico (IBA) en partes por millón (ppm), para obtener en un litro de solución concentrada (1000ml) de cada una de las soluciones a aplicar. Los cálculos para determinar la cantidad de producto comercial (IBA) a utilizar se presentan en el cuadro (anexos) los resultados obtenidos se presentan en gramos (g) de producto comercial (IBA) por litro (L) de solución concentrada.

2.7.4 Preparación de soluciones concentradas

Para la preparación de las soluciones concentradas (IBA) en ppm, se procedió a la dilución del producto, para ello se utilizaron 10ml de hidróxido de sodio (NaOH) 1N, y se agitó con agitador magnético hasta alcanzar la dilución total del producto.

Teniendo el producto diluido, se procedió a aforar con agua destilada la hasta alcanzar el volumen deseado de las mismas 1000ml de solución, teniendo presente el no olvidar que mientras se estaba aforando se debía también estar agitando la solución para lograr una homogeneidad en las soluciones obtenidas.

2.7.5 Forma de aplicación

Las soluciones se aplicaron mediante el método de inmersión rápida, el cual consistió en sumergir los extremos basales de los esquejes durante 15 minutos en cada una de las soluciones concentradas preparadas, con la finalidad de que la cantidad de cada una de las concentraciones del producto aplicado fuera constante. Seguidamente de aplicada cada una de las soluciones concentradas a los esquejes, fueron colocados inmediatamente en el medio de enrizamiento.



Figura 11. Aplicación de soluciones concentradas

2.7.6 Método de transporte

Las soluciones fueron transportadas en frascos color ámbar, debidamente identificados y tapados, dentro de una hielera, para evitar que el producto fuese degradado por la luz.

2.7.7 Tratamientos evaluados

Los tratamientos que se evaluaron se presentan en el cuadro siguiente:

Cuadro 1. Tratamientos evaluados

Tratamiento	NOMENCLATURA	Descripción
1	A1B1	Variedad Balamkota con concentración 0 ppm.
2	A1B2	Variedad Balamkota con concentración 500ppm
3	A1B3	Variedad Balamkota con concentración 1000ppm
4	A1B4	Variedad Balamkota con concentración 1500 ppm.
5	A1B5	Variedad Balamkota con concentración 2000ppm
6	A2B1	Variedad Kadarivalli con concentración 0ppm
7	A2B2	Variedad Kadarivalli con concentración 500ppm
8	A2B3	Variedad Kadarivalli con concentración 1000ppm
9	A2B4	Variedad Kadarivalli con concentración 1500ppm
10	A2B5	Variedad Kadarivalli con concentración 2000ppm

2.7.8 Preparación de sustrato

El sustrato que se utilizó para el llenado de las unidades experimentales fue arena de río, debidamente desinfectada con la aplicación de agua caliente, luego se procedió a cubrir cada uno de los bloques con nylon durante 24 hrs, para evitar que el calor se escapara y fuese más eficiente la desinfección.

2.7.9 Unidad experimental

Las unidades experimentales estuvieron constituidas por 15 esquejes de Pimienta negra (*Piper nigrum*), con 3 a 4 nudos sin hojas de aproximadamente 20 cm de largo estos se colocaron en una caja de madera de dimensiones 30 cm. de ancho, 30 cm de largo y 30 cm de alto, con una distribución de 10 cm. entre esquejes y 6 cm. entre líneas.



Figura 12. Arreglo espacial de esquejes en unidad experimental

2.7.10 Variables de respuesta

Los datos fueron tomados a los 90 días de establecido el estudio, las variables de respuesta evaluadas fueron las siguientes:

- **Número promedio de esquejes enraizados:** para la obtención de esta variable de respuesta, se procedió al conteo de esquejes enraizados por cada una de las unidades experimentales de los bloques.
- **Longitud promedio de raíces:** para la obtención de esta variable de respuesta, se procedió a la medición de la longitud de raíces de cada esqueje enraizado en las unidades experimentales de los bloques.

- **Número promedio de raíces por esquejes:** esta variable fue obtenida por medio del conteo de las raíces de cada esqueje enraizado en las unidades experimentales de los bloques.
- **Peso seco de raíces:** para la obtención del peso seco de raíces se procedió a coleccionar las raíces de los esquejes enraizados de cada unidad experimental de los bloques. Las raíces frescas coleccionadas fueron colocadas en bolsas de papel debidamente identificadas por unidad experimental y bloque al que pertenecían, para luego introducir las bolsas de papel que contenían las raíces frescas al horno a una temperatura de 113° Celsius durante 24 horas. Pasado el tiempo de secado en el horno, se procedió a extraer las bolsas de papel y tomar el peso seco de las raíces por medio de una balanza analítica.

2.7.11 Manejo agronómico

Z. Labores del cultivo

El manejo del cultivo y labores consistieron en su mayoría en limpiezas a las unidades experimentales cuando estas se fueron necesarias y riegos diarios durante el tiempo de duración del experimento.

AA. Prevención de enfermedades

Para la prevención de enfermedades, se implementó la utilización de agua caliente para desinfección del sustrato, esta se aplicó de una forma directa a cada una de las cajas que componen los bloques a nivel de campo, luego se procedió a cubrir cada uno de los bloques con nylon durante 24 hrs, para evitar que el calor se escapara y fuese más eficiente la desinfección del sustrato.

También se utilizó un sellado de esquejes, que se elaboró a base de cera y cemento, en una proporción de 3:1, el cual se aplicó en caliente en los cortes de los esquejes que quedaron expuestos al momento que se coleccionaron, esto para evitar el desarrollo de hongos o bacterias en los cortes.



Figura 13. Aplicación de agua caliente y cobertura para desinfección de sustrato en los bloques.



Figura 14. Materiales utilizados en el sellado de esquejes, cera y cemento.

2.8 METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

2.8.1 Modelo experimental

Se realizó un experimento bifactorial con arreglo combinatorio, se utilizó un diseño experimental de bloques al azar (DBA), el modelo asociado a ese experimento es:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \gamma_j + (\alpha\gamma)_{ij} + \beta_k + \varepsilon_{ijk} \quad \left\{ \begin{array}{l} = 1, 2, \dots, a \\ j = 1, 2, \dots, b \\ k = 1, 2, \dots, r \end{array} \right.$$

En donde:

Y_{ijk} = variable de respuesta medida en la ijk -ésima unidad experimental

μ = media general de la variable de respuesta.

α_i = efecto de la i -ésima variedad de Pimienta negra (*Piper nigrum*)

γ_j = efecto de j -ésima concentración de (IBA)

$(\alpha\gamma)_{ij}$ = efecto de la interacción de la i -ésima variedad de Pimienta negra (*Piper nigrum*), y la j -ésima concentración de (IBA)

β_k = efecto del k -ésimo bloque o repetición

ε_{ijk} = error experimental asociado a la ijk -ésima unidad experimental.

2.8.2 Análisis de la información

Las variables de respuesta fueron sometidas a análisis de varianza, utilizando un nivel de 5% de significancia, y en los casos que fue necesario, se aplicó una prueba de comparación múltiple de medias, de acuerdo con el criterio propuesto por Tukey. Para ello se utilizó el Software Infostat versión 2008, disponible en el Centro de Telemática CETE, de la Facultad de Agronomía FAUSAC.

2.9 Análisis económico

Para determinar la rentabilidad de los tratamientos se analizarían mediante costos parciales.

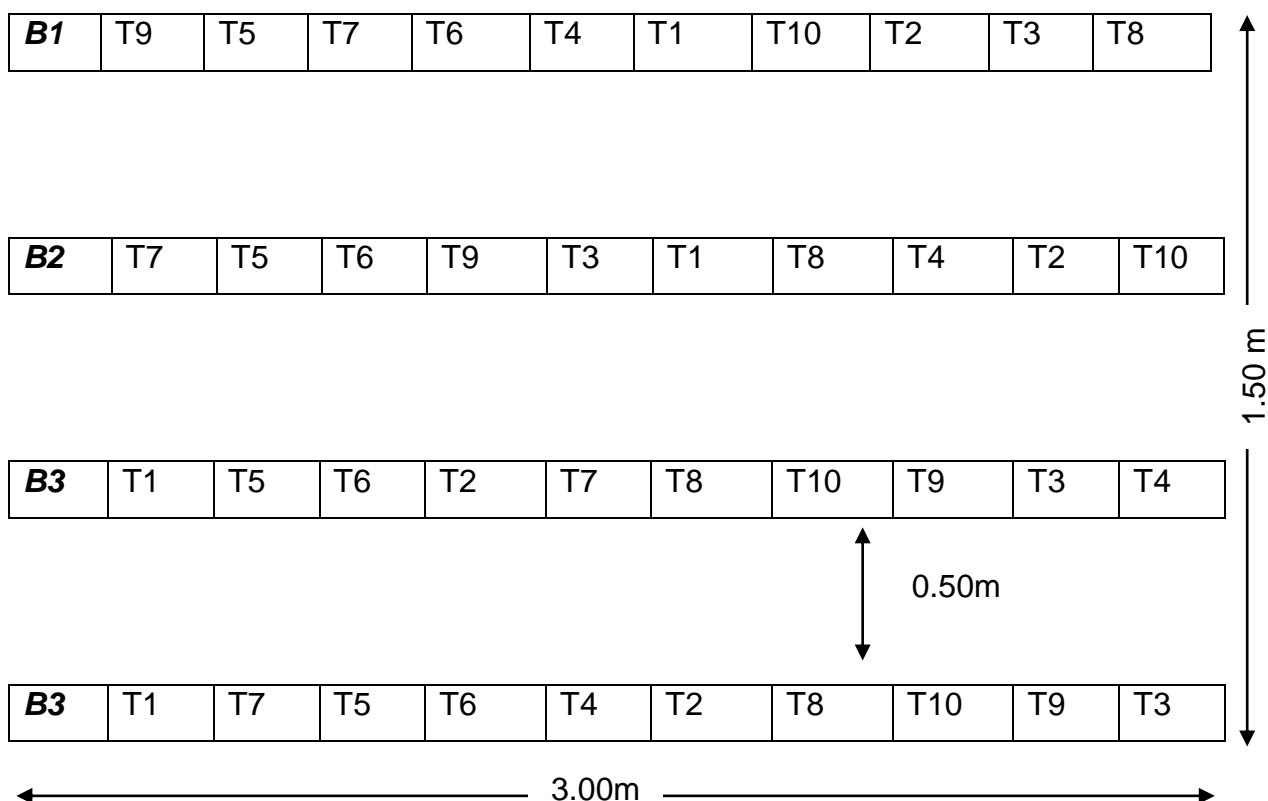
Para ello se tomó como indicador la variable de respuesta número promedio de esquejes enraizados (NSR), la cual debería de haber presentado diferencia significativa entre los tratamientos evaluados.

Si los tratamientos evaluados para la variable número promedio de esquejes enraizados, hubiesen presentado medias significativamente diferentes, esto, mostraría diferencias de costos en la aplicación de los tratamientos evaluados, y en general se presentaría una relación directa entre costos y beneficios, es decir, en la medida que aumentaran los costos de la aplicación de un tratamiento para aumentar el porcentaje de esquejes enraizados, aumentarían los beneficios, en cuanto al número de plantas propagadas, para el tratamiento de propagación utilizado.

El objetivo principal de utilizar este tipo de análisis, era tomar en consideración los costos variables asociados con la decisión de usar o no un tratamiento, que nos permitiera diferenciar un tratamiento del otro, y conocer la variación de precios de los mismos.

2.10 Croquis de campo

La investigación, abarco un área de 8 m², esta consto de cuatro bloques de construidos de madera, con un distanciamiento entre bloques de 0.50m. Cada bloque formado por diez unidades experimentales. En el cuadro 2, se observa el arreglo espacial que se tuvo durante la ejecución de la investigación.

Cuadro 2. Croquis de campo

2.11 RESULTADOS Y DISCUSION

A continuación se presentan los resultados de los tratamientos evaluados, para cada una de las variables de respuesta:

2.11.1 Número promedio de esquejes enraizados (NSR)

En la variedad Balamkota, el mayor porcentaje de esquejes enraizados se obtuvo con la aplicación de la concentración 1000 ppm (81.6%). Mostrando un comportamiento similar entre los tratamientos con las concentraciones de 0 ppm y 500 ppm (78.3%), siendo la aplicación de 1500 ppm, la concentración que presenta menor respuesta en cuanto al porcentaje de esquejes enraizados para esta variedad (61.6%)

En la variedad Kudarivalli, el mayor porcentaje de esquejes enraizados se obtuvo con la aplicación de 500 ppm (86.6%). El segundo mejor tratamiento fue la no aplicación de AIB 0 ppm con (76.4%), mostrando un comportamiento similar con la aplicación de las concentraciones 1000 ppm, y 2000 ppm con (69.9% y 69.6%) respectivamente. El tratamiento de menor respuesta para esta variedad respecto al porcentaje de esquejes enraizados fue la concentración de 1500 ppm (66.6%).

En el cuadro No. 2, se presentan los datos obtenidos para la variable de respuesta Número promedio de esquejes enraizados (NSR). Los datos fueron sometidos a un análisis de varianza, el resumen del análisis de varianza para la variable de respuesta (NSR) se presenta en el (Cuadro Anexo No.7). De acuerdo con el valor p (p-value), no se presentan diferencias significativas, en cuanto a variedad ni concentración con la aplicación de los tratamientos evaluados.

Cuadro 3. Porcentaje de esquejes enraizados (NSR)

<i>Tratamiento</i>	<i>Variedad</i>	<i>No. de esquejes</i>	<i>Porcentaje de esquejes enraizados (NSR)</i>
0 ppm	Balamkota	15	78.3
500ppm	Balamkota	15	78.3
1000ppm	Balamkota	15	81.6
1500ppm	Balamkota	15	61.6
2000ppm	Balamkota	15	74.9
0 ppm	Kadarivalli	15	76.4
500ppm	Kadarivalli	15	86.6
1000ppm	Kadarivalli	15	69.9
1500ppm	Kadarivalli	15	66.6
2000ppm	Kadarivalli	15	69.9

2.11.2 Longitud promedio de raíces (LR)

Para la variable de respuesta Longitud promedio de raíces (LR), la aplicación de las concentraciones para la variedad Balamkota, registro el siguiente comportamiento. La aplicación del tratamiento que corresponde a aplicación de la concentración 500 ppm fue la que presento mejores resultados en cuanto a la longitud de raíces (11.76 cm en promedio). El segundo mejor tratamiento, fue la aplicación de la concentración de 1000 ppm con (11.14 cm en promedio). La menor respuesta en cuanto a la longitud promedio de raíces para esta variedad, fue la aplicación de la concentración 1500 ppm con (9.30 cm en promedio).

En la variedad Kudarivalli, la mayor respuesta en cuanto a la longitud de raíces, se obtuvo con la aplicación de la concentración 500 ppm (11.79 cm en promedio). El segundo mejor tratamiento, fue la aplicación de 2000 ppm (10.93 cm en promedio). La menor respuesta fue mostrada por el tratamiento 0 ppm, con este tratamiento se obtuvo una longitud promedio de raíces de (8.03 cm en promedio), para esta variedad.

En el cuadro 3, se presentan los resultados obtenidos para la variable de respuesta Longitud promedio de raíces (LR). Los datos fueron sometidos a un análisis de varianza, en el (Cuadro Anexo 8), se presentan los resultados del análisis de varianza efectuados, de acuerdo con el valor p (p-value), no se presentaron diferencias significativas para el factor concentración ni variedad en la aplicación de los tratamientos evaluados en cuanto al largo de raíces.

Cuadro 4. Longitud promedio de raíces (LR) en cm

<i>Tratamiento</i>	<i>Variedad</i>	<i>No. de esquejes</i>	<i>Longitud promedio de raíces (LR) en cm.</i>
0 ppm	Balamkota	15	10.30
500ppm	Balamkota	15	11.76
1000ppm	Balamkota	15	11.14

<i>Tratamiento</i>	<i>Variedad</i>	<i>No. de esquejes</i>	<i>Longitud promedio de raíces (LR) en cm.</i>
1500ppm	Balamkota	15	9.30
2000ppm	Balamkota	15	10.78
0 ppm	Kadarivalli	15	8.03
500ppm	Kadarivalli	15	11.79
1000ppm	Kadarivalli	15	8.42
1500ppm	Kadarivalli	15	7.17
2000ppm	Kadarivalli	15	10.93

2.11.3 Número promedio de raíces por esqueje (NR)

En la variedad Balamkota, el mayor número de raíces se presentó con la aplicación de las concentraciones 1000 ppm y 2000 ppm (5 raíces en promedio). Los segundos mejores tratamientos fueron, las aplicaciones de las concentraciones 500 ppm y 1500 ppm (4 raíces en promedio). La menor respuesta en cuanto al Número promedio de raíces por esqueje, fue mostrada por la no aplicación de AIB 0 ppm (3 raíces en promedio).

En cuanto a la variedad Kudarivalli, la mejor respuesta, para el Número promedio de raíces por esquejes, fue mostrada con la aplicación de los tratamientos de 500 ppm y 2000 ppm (6 raíces en promedio). El segundo mejor tratamiento fue la aplicación de 1000 ppm (3 raíces en promedio), tratamiento que mostro los mismos resultados que la no aplicación AIB 0 ppm (3 raíces en promedio), para esta variedad. La menor respuesta fue mostrada por el tratamiento 1500 ppm (2 raíces en promedio).

En el I cuadro 4, se presentan los resultados de los datos obtenidos para la variable de respuesta Número promedio de raíces por esqueje (NR). El resumen del análisis de varianza para el número promedio de raíces por esqueje se presenta en el (Cuadro Anexo 9). De acuerdo con el valor p (p-value) solamente se presentaron diferencias significativas

para el factor concentración (valor $p = 0.0024$); por lo que se procedió a realizar la prueba de comparación múltiple de medias, de acuerdo con el criterio propuesto por Tukey (Cuadro Anexo 10). De acuerdo con esta prueba, las concentraciones de 2000 y 500 ppm resultaron ser las mejores en promover el mayor número de raíces por esquejes. En el cuadro 4, se observan los promedios del número de raíces que promovieron dichas concentraciones, los datos colectados en la cuantificación de raíces respaldan los resultados obtenidos en la prueba de comparación múltiple de medias para el factor concentración para la variable de respuesta evaluada.

Cuadro 5. Número promedio de raíces por esqueje (NR)

<i>Tratamiento</i>	<i>Variedad</i>	<i>No. de esquejes</i>	<i>Número promedio de raíces por esqueje (NR)</i>
0 ppm	Balamkota	15	3
500ppm	Balamkota	15	4
1000ppm	Balamkota	15	5
1500ppm	Balamkota	15	4
2000ppm	Balamkota	15	5
0 ppm	Kadarivalli	15	3
500ppm	Kadarivalli	15	6
1000ppm	Kadarivalli	15	3
1500ppm	Kadarivalli	15	2
2000ppm	Kadarivalli	15	6

2.11.4 Peso seco de raíces (PS)

Para la variedad Balamkota, los mejores resultados para la variable peso seco, se obtuvieron con la aplicación de la concentración 2000 ppm (1.26 g en promedio). El segundo mejor tratamiento, fue la aplicación de 1000 ppm, en este se obtuvo (0.81 g en promedio) de materia seca. El tratamiento que mostró menor respuesta en promover

raíces en esquejes para esta variedad fue, la aplicación de 0 ppm con (0.54 g en promedio) de materia seca.

En la variedad Kudarivalli, el tratamiento de mejor respuesta fue, la aplicación de 2000 ppm (0.83 en promedio). El segundo mejor tratamiento, se observó con la aplicación de 500 ppm (0.72 g en promedio). El tratamiento que mostro menor respuesta para esta variedad fue, la aplicación de 0 ppm, la cual registro un peso de (0.24 g promedio) de materia seca.

En el cuadro 5, se presenta los resultados obtenidos para la variable de respuesta Peso seco de raíces (PS). El (Cuadro Anexo 11) muestra el resumen del análisis de varianza para esta variable, en donde se observa que se presenta diferencia significativa para el factor variedad (valor $p = 0.0280$) y el factor concentración (valor $p = 0.0081$), en forma separada (no hubo efecto de interacción). Posteriormente se realizó una prueba de comparación múltiple de medias de acuerdo con el criterio propuesto por Tukey para el factor variedad y concentración, los resultados se presentan en los (Cuadros Anexos 12 y 13). De acuerdo a esta prueba el tratamiento 2000 ppm, aplicado en esquejes de la variedad Balamkota, producen los mejores resultados en la formación de raíces.

A diferencia de los resultados obtenidos por (Toc Chiquín, M. O. 1992), en su caracterización y pruebas de enraizamiento en dos variedades de Pimienta negra, utilizando cuatro concentraciones de AIB (1000, 2000,3000, 4000 ppm), para inducir el enraizamiento, no se presentaron diferencia significativa en cuanto al Peso seco de raíces (PS), y se concluyó que las concentraciones evaluadas de IBA, se comportaron de igual manera en la formación de raíces en esquejes de Pimienta negra.

(Toc Chiquín, M. O. 1992), con los resultados presentados su trabajo, argumenta, que debido a la falta de fuentes de material propagador, el material colectado para su trabajo fue de plantas poco desarrolladas, y que el no poder realizar una mejor selección de material, influyó de manera directa, en la respuesta a la aplicación de la hormona reguladora del crecimiento IBA. Argumento que se hace valido, ya que la aplicación de

reguladores de crecimiento para promover el enraizamiento en estacas, no excluye factores importantes que inciden directamente en la iniciación de raíces, como el tener una buena fuente de material propagador para la escogencia de estacas, factor que se tuvo muy en cuenta a la hora de seleccionar el material que se utilizó para el trabajo que se presenta, ya que se contó con suficiente material propagador y fuentes para colectarlo.

Cuadro 6. Peso seco de raíces (PS)

<i>Tratamiento</i>	<i>Variedad</i>	<i>No. de esquejes</i>	<i>Peso seco de raíces en (g en promedio)</i>
0 ppm	Balamkota	15	0.58
500ppm	Balamkota	15	0.71
1000ppm	Balamkota	15	0.81
1500ppm	Balamkota	15	0.54
2000ppm	Balamkota	15	1.26
0 ppm	Kadarivalli	15	0.24
500ppm	Kadarivalli	15	0.72
1000ppm	Kadarivalli	15	0.57
1500ppm	Kadarivalli	15	0.49
2000ppm	Kadarivalli	15	0.83

2.11.5 Análisis económico

Desde el punto de vista económico, la variable de respuesta que podía causar alguna diferencia es el número promedio de esquejes enraizados (NSR). Por el lado de los ingresos, no existe diferencia significativa en el número promedio de esquejes enraizados (NSR), entonces ningún tratamiento evaluado, produce más planta para la venta. Ahora bien, refiriéndonos al lado de los costos, si con la aplicación de alguno de los tratamientos evaluados no se produce más planta para la venta, entonces el tratamiento

que genere más ganancias es el más barato, que en este caso sería la no aplicación de AIB a los esquejes de pimienta negra puestos a enraizar, que corresponde al tratamiento 0 ppm.

En el cuadro 7, se muestran los valores unitarios y totales de los insumos, utilizados durante la investigación. También se muestran los precios por litro (L) de concentración (ppm) de cada uno de los tratamientos evaluados.

Cuadro 7. Costo de producción de los esquejes enraizados

<i>Insumos</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Descripción</i>	<i>Valor unitario</i>	<i>Valor Total</i>
Esquejes de Pimienta negra (Piper nigrum)	600 esquejes	300 esquejes variedad Balamkota	Q.1.25	Q.750.00
		300 esquejes Varierad Kudarivalli		
Madera de montaña	160 pies	Construcción de cajas enraizadoras	Q.4.00	Q.640.00
Arena de Rio	4 metros	Arena de rio cernida	Q.80.00	Q.320.00
Cemento	1 lbs	Cemento Gris	Q. 8.00	Q.8.00
Cera (Parafina)	20 g	Cera (Parafina)	Q. 0.50	Q.10.00
COSTO DE PREPARACION DE SOLUCIONES				
<i>Concentración</i>	<i>Cantidad</i>		<i>Valor unitario/litro</i>	<i>Valor unitario/litro</i>
0 ppm	0g/L		Q.0.00	Q.0.00
500 ppm	0.50gr/L		Q.39.00	Q.39.00
1000 ppm	1.0gr/L		Q.41.00	Q.41.00
1500 ppm	1.5gr/L		Q.44.00	Q.44.00
			TOTAL	Q. 1, 852.00

2.12 CONCLUSIONES

- ✓ La aplicación de 2000 ppm, a esquejes de la variedad Balamkota), mostró mejores resultados en el enraizamiento de esquejes de Pimienta negra (*Pipiper nigrum*) por lo que se rechaza la hipótesis que indica que, la aplicación de 1000 ppm de ácido indolbutírico a los esquejes de la variedad Balamkota y Kalluvally de Pimienta negra (*Piper nigrum*), producirá los mejores resultados en cuanto a la formación de raíces.

- ✓ La variable que podía causar alguna diferencia económica entre los tratamientos es el Porcentaje de esquejes enraizados (NSR). No obstante, dado que no hubo diferencia significativa entre tratamientos ni en la interacción para esta variable, se concluye que debe adoptarse el tratamiento más barato que será el que proporcionará las mayores ganancias a las personas que se dediquen a producir plantas de pimienta para la venta.

- ✓ No existieron diferencias significativas entre las variables de respuesta Número promedio de esquejes enraizados (NRS) y Longitud promedio de raíces (LR), sin embargo si se presentaron diferencias significativas en las variables de respuesta Número promedio de raíces por esquejes (NR) y Peos seco de raíces (PS).

2.13 RECOMENDACIONES

- ✓ Para la obtención de un mayor porcentaje de esquejes enraizados (NSR), de Pimienta negra (*Piper nigrum*), en la variedad Balamkota se recomienda la aplicación de una concentración de 1000 ppm de IBA, mientras que en la variedad Kudarivalli, se recomienda la aplicación de 500 ppm de IBA.

- ✓ Para la obtención de una mejor respuesta en cuanto a la longitud promedio de raíces (LR), en esquejes de Pimienta negra (*Piper nigrum*), se recomienda la aplicación de 500 ppm en esquejes de la variedad Balamkota y 500 ppm en esquejes de la variedad Kudarivalli.

- ✓ Para la obtención de un mayor número de raíces (NR), en esquejes de Pimienta negra (*Piper nigrum*), en la variedad Balamkota, se recomienda la aplicación de las concentraciones 1000 ppm o 2000 ppm de IBA, mientras que en esquejes de la variedad Kudarivalli, se recomienda la aplicación de 500 ppm o 2000 ppm de IBA.

- ✓ Se recomienda que para la obtención de un mayor peso seco (PS) de raíces, en esquejes de Pimienta negra (*Piper nigrum*), la aplicación de 2000 ppm AIB en esquejes de la variedad Balamkota, mientras que esquejes de la variedad Kudarivalli , la aplicación de 2000 ppm de IBA.

2.14 BIBLIOGRAFÍA

1. Aguilar, EA. 1987. Efecto de la propagación de tres estructuras asexuales sobre la precocidad, rendimiento y degeneración del fruto de la piña (*Ananas comosus*, Merr.) en Villa Canales, Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 37 p.
2. BANDESA (Banco Nacional de Desarrollo Agrícola, GT). 1989. Resúmenes del curso, cultivo de la pimienta negra y canela. Alta Verapaz, Guatemala. 100 p. Citado por: Riveiro Caal, HA. 1992. Evaluación de los efectos de diferentes sustratos y número de nudos por esquejes, en el enraizamiento de pimienta negra (*Piper nigrum*) bajo condiciones ambientales de la finca Guaxpom, Tucuru, Alta Verapaz, Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 37 p.
3. BANGUAT (Banco de Guatemala, GT). 1973. Situación nacional e internacional de la pimienta negra: informe trimestral, abril-junio. Guatemala. 27 p. Citado por: Riveiro Caal, HA. 1992. Evaluación de los efectos de diferentes sustratos y número de nudos por esquejes, en el enraizamiento de pimienta negra (*Piper nigrum*) bajo condiciones ambientales de la finca Guaxpom, Tucurú, Alta Verapaz, Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 37 p.
4. Bino Ponce, JF. 1989. Evaluación de tres métodos de aplicación de ácido indolbutírico a cuatro concentraciones en dos ambientes para enraizar estacas de achiote (*Bixa orellana* L.) en Quetzaltenango, Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 51 p.
5. Braugr, HO. 1978. Fitogenética aplicada. México, Limusa. 518 p. Citado por: León Lavarreda, RA. 1990. Evaluación de cinco técnicas de propagación asexual de pimienta negra (*Piper nigrum*) en Quetzaltenango. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 52 p.
6. Castillo Jiménez, D. 2004. Experiencias en la propagación vegetativa del pino candelillo (*Pinus maximinoi* H.E. Moore), con énfasis en la utilización del ácido indolbutírico en el vivero forestal de P&C Maderas Internacionales, en el departamento de Escuintla, Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 61 p.
7. FHIA (Fundación Hondureña de Investigación Agrícola, HN). 2006. Manual para la producción de pimienta negra. La Lima, Cortés, Honduras. 59 p.
8. Hartmann, HT; Kester, DE. 1988. Propagación de plantas: principios básicos. 2 ed. México, CEDSA. 760 p.

9. León Lavarreda, RA. 1990. Evaluación de cinco técnicas de propagación asexual de pimienta negra (*Piper nigrum*) en Quetzaltenango. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 52 p.
10. Reyes, HM. 2001. Análisis económicos de experimentos agrícolas con presupuestos parciales, re-enseñado el uso de este enfoque. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía, Centro de Información Agrosocioeconómica, Boletín Informativo 1-2001. 31 p.
11. Riveiro Caal, HA. 1992. Evaluación de los efectos de diferentes sustratos y número de nudos por esquejes, en el enraizamiento de pimienta negra (*Piper nigrum*) bajo condiciones ambientales de la finca Guaxpom, Tucuru, Alta Verapaz, Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 37 p.
12. Rojas Garcidueñas, M; Ramírez, H. 1993. Control hormonal del desarrollo de las plantas: fisiología-tecnología-experimentación. 2 ed. México, Limusa. 263 p.
13. Rojas Garcidueñas, M; Rovalo, MM. 1979. Fisiología vegetal aplicada. 2 ed. México, UNAM. 262 p.
14. Salisbury, FB; Ross, CW. 1992. Fisiología de las plantas: desarrollo de las plantas y fisiología ambiental. 7 ed. México, Iberoamérica. 988 p.
15. Toc Chiquín, MO. 1992. Caracterización y pruebas de enraizamiento de dos variedades de pimienta negra (*Pipper nigrum*), bajo condiciones ambientales de la finca Chiquej, Cobán, Alta Verapaz, Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 35 p.
16. Valentín Samayoa, JA. 2005. Respuesta de dos genotipos de aguacate (*Persea americana* var. Mill.) a la micropropagación utilizando diferentes combinaciones de auxinas y citocininas, realizado en el laboratorio de cultivos de tejidos vegetales. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 79 p
17. Weaver, RJ. 1976. Reguladores del crecimiento de las plantas en la agricultura. México, Trillas. 622 p.

2.15 ANEXOS

Cuadro 8A. Calculo de soluciones

Concentración en ppm	Calculo de concentraciones	Gramos de producto a utilizar
0ppm	(0mg/L)(100%/99.15%)(1g/1000mg)	0g/L
500ppm	(500mg/L)(100%/99.15%)(1g/1000mg)	0.50gr/L
1000ppm	(1000mg/L)(100%/99.15%)(1g/1000mg)	1.0gr/L
150ppm	(1500mg/L)(100%/99.15%)(1g/1000mg)	1.5gr/L
2000ppm	(2000mg/L)(100%/99.15%)(1g/1000mg)	2.01gr/L

Cuadro 9A. Análisis de varianza para la variable de respuesta Número promedio de esquejes enraizados (NSR)

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor
Variedad	0.03	1	0.03	4.6	0.9462 ^{NS}
Concentración	32.65	4	8.16	1.52	0.2255 ^{NS}
Repetición	120.88	3	40.29	-----	-----
Variedad*concentración	13.85	4	3.46	0.64	0.6365 ^{NS}
Error	145.38	27	5.38	-----	-----
Total	312.78	39	-----	-----	-----

CV (%)= 20.95

F.V. = Fuente de variación

SC = Suma de cuadrados

GL = Grados de libertad

CM = Cuadrado medio

F= Valor de la estadística F

p- valor = valor p

Cuadro 10A. Análisis de varianza para la variable de respuesta Largo promedio de raíces (LR)

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor
Variedad	19.35	1	19.35	3.02	0.0938 ^{NS}
Concentración	61.83	4	15.46	2.41	0.0738 ^{NS}
Repetición	130.24	3	43.41	-----	-----
Variedad*concentración	15.11	4	3.78	0.59	0.6735 ^{NS}
Error	173.14	27	6.41	-----	-----
Total	399.67	39	-----	-----	-----

CV (%)= 25.40

F.V. = Fuente de variación

SC = Suma de cuadrados

GL = Grados de libertad

CM = Cuadrado medio

F= Valor de la estadística F

p- valor = valor p

Cuadro 11A. Análisis de varianza para la variable respuesta Número promedio de raíces por esquejes (NR)

F.V.	SC	GL	CM	Valor F	Valor-p
Variedad	1.60	1	1.60	0.76	0.3900 ^{NS}
Concentración	45.75	4	11.44	5.46	0.0024 *
Repetición	61.40	3	20.47	-----	-----
Variedad*concentración	18.65	4	4.66	2.22	0.0930 ^{NS}
Error	56.60	27	2.10	-----	-----
Total	184.00	39	-----	-----	-----

CV (%)= 25.40

F.V. = Fuente de variación

SC = Suma de cuadrados

GL = Grados de libertad

CM = Cuadrado medio

F= Valor de la estadística F

p- valor = valor p

Cuadro 12A. Resumen de la prueba de comparación múltiple de medias del Tukey para el factor concentración, para la variable Número promedio de raíces por esqueje (NR)

Concentración	Medias	n		
2000	5.88	8	A	
500	5.50	8	A	
1000	4.50	8	A	B
1500	3.38	8		B
0.00	3.25	8		B

Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0.05$)

Cuadro 13A. Análisis de varianza para la variable de respuesta Peso seco de raíces (PS)

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor
Variedad	0.45	1	0.45	5.40	0.0280 *
Concentración	1.43	4	0.36	4.30	0.0081 *
Repetición	0.52	3	0.17	-----	-----
Variedad*concentración	0.78	4	0.19	2.34	0.0809 ^{NS}
Error	2.25	27	0.08	-----	-----
Total	5.43	39	-----	-----	-----

CV (%)= 42.51

F.V. = Fuente de variación

SC = Suma de cuadrados

GL = Grados de libertad

CM = Cuadrado medio

F= Valor de la estadística F

p- valor = valor p

Cuadro 14A. Resumen de la prueba de comparación múltiple de medias del Tukey para el factor variedad, para la variable de respuesta Peso seco de raíces (PS)

Variedad	Medias	n		
Balamkota	0.79	20	A	
Kudarivalli	0.57	20		B

Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0.05$)

Cuadro 15A. Resumen de la prueba de comparación múltiple de medias del Tukey para el factor concentración, para la variable de respuesta Peso seco (PS)

Concentración	Medias	n		
2000	0.92	8	A	
500	0.82	8	A	B
1000	0.72	8	A	B
1500	0.52	8	A	B
0	0.41	8		B

Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0.05$)



Figura 15. Esquejes enraizados colectados de los bloques No. 1 al 4

CAPITULO III

Informe Final De Servicios Prestados En La Fundación Para El Ecodesarrollo Y Conservación FUNDAECO

3.1 Presentación

Los servicios realizados durante la ejecución del Ejercicio Profesional Supervisado (EPS), en la Fundación para el Ecodesarrollo y Conservación FUNDAECO, se realizaron aunando esfuerzos con miembros de la Asociación de Agricultores San Gil, dedicados al cultivo de Pimienta negra (*Piper nigrum*), servicios que contribuyeron al manejo de plantaciones establecidas en campo, así como también al conocimiento del manejo de viveros para la propagación del cultivo.

El primer servicio, consistió en una capacitación en podas formadoras de ramas fructíferas en el cultivo de Pimienta negra (*Piper nigrum*). La finalidad de este servicio, fue corregir y diseñar la estructura de plantaciones ya establecidas y el de incrementar la formación de ramas jóvenes que nacen en cada uno de los nudos a lo largo del tallo ortotrópico, las cuales son llamadas ramas productoras o tallo plagiótropico, ramas en donde brotan las espigas o inflorescencias productoras del fruto de pimienta.

El segundo servicio, consistió en una capacitación en la toma y manejo de muestras de suelo, la cual se llevó a cabo en parcelas donde se encuentra establecido el cultivo, procedimiento que es indispensable en una muestra para su correcto envío al laboratorio y obtención de resultados confiables al momento del análisis de la muestra, ya que suele ser el muestreo la mayor fuente de error de los resultados.

El tercer servicio, consistió en el Establecimiento de un vivero comunitario para la obtención de plantas de Pimienta negra (*piper nigrum*). En el periodo de establecimiento del cultivo a nivel de campo, se presentaron algunos inconvenientes, uno de ellos, fue el transporte de las plantas del lugar del vivero, hacia los terrenos en donde se establecieron los tutores que exige el cultivo para su desarrollo. La distancia existente del lugar donde se estableció el vivero que proporcionaba la planta en bolsa incidió de una forma directa en la entrega de la cantidad de planta a los asociados y en el porcentaje de pegue de planta establecida en campo, debido al estrés que el material sufría a la hora de su transporte hacia el lugar de siembra, incluso aun existían miembros de la asociación que contaban

con los tutores que exige el cultivo establecidos en campo, sin que se les proporcionara de plantas para su trasplante. Por tal motivo se estableció un vivero comunitario, el cual está ubicado en dos comunidades , que coinciden con el mayor número de miembros involucrados en el proyecto de Pimienta negra, para poder de esta manera, tener una mejor alternativa de traslado de planta hacia el lugar de siembra, y lograr de esta forma cumplir con la calidad y cantidad de planta necesaria para establecer en las parcelas donde aun no se cuenta con el cultivo y reducir el porcentaje de pérdida de planta durante su traslado.

3.2 Área de Influencia

Las capacitaciones se impartieron en la aldea Los Ángeles, comunidad perteneciente al municipio de Livingston, departamento de Izabal, en la cual se contó con la presencia de socios pertenecientes a las aldeas de, Monte de los Olivos, Sector A, Sector B, Pacayas y de Los Ángeles perteneciente al municipio de Livingston, Las Pavas perteneciente al municipio de Puerto Barrios departamentos de Izabal, aldeas que se encuentran ubicadas en la zona de amortiguamiento y de usos múltiples del Cerro San Gil.

3.3 Capacitación en podas formadoras de ramas fructíferas en el cultivo de Pimienta negra (*Piper nigrum*).

✓ Objetivos Generales

- Capacitar a los socios productores de Pimienta negra del Cerro San Gil en el manejo agrícola del cultivo.

✓ Metodología

Se realizó una visita de campo a varias de las parcelas donde está establecido el cultivo, para observar el estado actual de las plantas, de esta manera seleccionar la parcela donde se pudiera contar con plantas que permitieran y que requirieran de este tipo

de manejo cultural para el desarrollo de la capacitación. Luego se procedió al contacto con los socios productores de pimienta negra para informarles fecha, hora y lugar de la capacitación, la parcela seleccionada, se encuentra ubicada en aldea Los Ángeles, del municipio de Livingston, departamento de Izabal.

Se contacto personal capacitado para impartir la capacitación, la capacitación se desarrollo a nivel de campo, en donde los socios productores tuvieron la oportunidad de observar cómo se realiza las podas en el cultivo de pimienta negra, para luego dar paso a que los agricultores pusieran en práctica los conocimientos adquiridos en plantas establecidas en la parcela seleccionada.

✓ **Resultados**



Figura 16. Selección de ramas de Pimienta negra a podar (*Piper nigrum*).



Figura 17. Poda realizada en rama de Pimienta negra



Figura 18. Brotes de ramas productoras en planta de Pimienta negra después de la poda.

✓ **Evaluación**

La evaluación de este servicio, se realizó mediante la visita de campo a la parcela en donde se llevó a cabo la capacitación, esto con el fin de observar, la respuesta de las plantas que se sometieron a las podas, pudiéndose observar la presencia de nuevos brotes en plantas que se sometieron a este tipo de práctica culturales, con lo que se logró promover la formación de ramas jóvenes, corrección del diseño de la planta, para tener de esta manera una mayor formación de espigas formadoras del fruto de Pimienta negra.

3.4 Capacitación en la toma y manejo de muestras de suelo

✓ **Objetivos**

- a. Capacitar a los socios productores de Pimienta negra en el muestreo de suelos con fines de fertilidad.
- b. Elaborar una guía metodológica para realizar un muestro de suelos.
- c. Capacitar a los socios productores en el manejo de muestras de suelo para su correcto envío al laboratorio.

✓ **Metodología**

La capacitación se llevo a nivel de campo, en parcelas donde el cultivo ya estaba en etapa de producción, como también en parcelas donde el cultivo era de resiente establecimiento en campo definitivo.

Para la actividad se conto con la presencia de la mayoría de socios productores del cultivo, los cuales pudieron seguir metodológicamente por medio de una guía impresa las herramientas y los factores a tomar en cuenta en un muestreo de suelos, entre los cuales figuraban, la profundidad del muestreo, el tamaño máximo de una área homogénea, el numero de submuestras por muestras, el numero de muestras por parcela, el cultivo, la época de muestreo y la periodicidad del muestreo de suelos. Así como también detallaba el procedimiento a seguir para la toma de muestras de suelo a nivel de campo, la

homogenización de las muestras tomadas para la obtención de una muestra compuesta y la correcta identificación de la muestra para poder llevar a cabo un manejo correcto del material parental muestreado previo envío al laboratorio para su análisis.

✓ **Resultados**



Figura 19. Demostración de la metodología de toma de una muestra de suelo.



Figura 20. Muestreo de suelo realizado por los agricultores.

✓ **Evaluación**

La evaluación de este servicio, se llevo a cabo a nivel de campo, en donde cada uno de los agricultores presentes realizó su muestreo de suelos mediante la utilización y seguimiento de los procedimientos y herramientas utilizadas que figuraban en la guía impresa proporcionada, durante cada muestreo se estuvo presente para evitar en lo más mínimo errores durante el muestreo, y poder así obtener una muestra homogénea y lo más representativa posible del terreno en cuestión, ya que suele ser este la principal fuente de error de los resultados.

Las muestras colectadas por los agricultores se colocaron en un mismo recipiente, se desmenuzaron se homogenizaron y se tomo una muestra de medio kg, se coloco en una bolsa plástica debidamente identificada y se envió al laboratorio de suelos de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, para su análisis.

3.5 Establecimiento de un vivero comunitario para la obtención de plantas de Pimienta negra (*Piper nigrum*).

✓ **Objetivos**

- Capacitar a los miembros de la comunidad, en la propagación de plantas de Pimienta negra (*Piper nigrum*), por medio del establecimiento de un vivero comunitario.

✓ **Metodología**

Se realizó una visita de campo, junto con los socios productores con el objetivo de seleccionar los terrenos donde se establecieron los enraizadores del vivero comunitario, teniendo en cuenta que el lugar nos permitiera proporcionar sombra a los esquejes, que tuviera acceso a una fuente de agua, en donde las planta fueran fácil de cuidar y lejos de animales que pudieran perjudicar la estructura del vivero.

El área seleccionada para el establecimiento de cada una de los enraizadores se dividió para ubicarse de la siguiente manera:

✓ **Área de enraizador**

En donde se procedió a la construcción de los enraizadores, que fue una caja de arena a nivel del suelo, con dimensiones de 1m de ancho por 30cm de profundidad y el largo dependió de la cantidad de esquejes puestos a enraizar, en este caso el vivero comunitario consto de dos enraizadores con las siguientes dimensiones 1.30m de ancho por 30cm de profundidad por 2.5m de largo para un total de 300 esquejes en cada enraizador.

Luego se procedió a la desinfección del sustrato en este caso la arena con agua caliente, luego a la siembra de esquejes en los enraizadores, introduciendo dos o 3 nudos de los esquejes en la arena.

✓ **Área de preparación de suelo**

El lugar seleccionado permitio el libre movimiento de una carreta, sacos, cernidores de tierra, ya que es acá en donde se llevó a cabo el llenado de bolsas con la mezcla preparada de sustrato, debidamente desinfectado con agua hirviendo.

La mezcla estaba constituida por cuatro metros de tierra negra, un metro y medio de abono o estiércol de ganado seco, y medio metro de arena, esta fue cantidad utilizada para el llenado de 5000 bolsas de las siguiente medida 3 x 4 x 8 pulgadas.

✓ **Área de bancales**

El lugar en donde se colocaron las bolsas con los esquejes enraizados y transplantados.

Los esquejes fueron seleccionados de plantas jóvenes productoras y sanas, y fueron transportados en vehículo hacia las comunidades en donde se establecieron los enraizadores, los esquejes fueron debidamente envueltos en papel periódico humedecido para evitar su deshidratación.

Los enraizadores se regaron durante la mañana y horas de la tarde para mantenerlos siempre húmedos y debidamente tapados para evitar la entrada directa de luz solar.

Los esquejes estuvieron en los enraizadores durante 60 días, tiempo aproximado en el cual se presentó un sistema radicular adecuado para su traslado a bolsa definitiva.

✓ **Resultados**



Figura 21. Selección de terrenos para la construcción de enraizadores



Figura 22. Siembra de esquejes en enraizadores.



Figura 22. Área de preparación de suelo y llenado de bolsas.



Figura 23. Esqueje enraizado listo para su trasplante a bolsa.



Figura 24. Área de bancales.

✓ ***Evaluación***

En las actividades de establecimiento del vivero comunitario, se conto con la participación de 12 miembros de la asociación, con los cuales se trabajó activamente durante todo el proceso de construcción, siembra, preparación de sustrato, desinfección de sustrato, llenado de bolsa y siembra de esquejes, lográndose de esta manera la propagación de 5,200 plantas de pimienta negra para su establecimiento en campo definitivo.