

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA**



**CONDICIONES OPTIMAS PARA EL MONTAJE DE
UNA PLANTA PARA LA PRODUCCION DE UN
INSECTICIDA BIOLÓGICO**

TESIS

PRESENTADA A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERIA

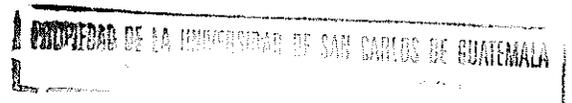
POR

CORALIA ANGELICA VELASQUEZ COTI

AL CONFERIRSELE EL TITULO DE

INGENIERA INDUSTRIAL

Guatemala, octubre de 1,996



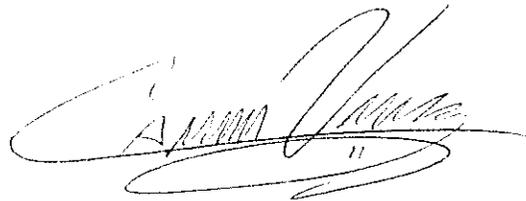
08
T (3836)
c. 4

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de tesis titulado:

"CONDICIONES OPTIMAS PARA EL MONTAJE DE UNA PLANTA PARA LA PRODUCCION DE UN INSECTICIDA BIOLOGICO"

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial.



Coralia Angélica Velásquez Coti

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

MIEMBROS DE LA JUNTA DIRECTIVA

DECANO:	Ing. Julio Ismael González Podszueck
VOCAL PRIMERO:	Ing. Miguel Angel Sánchez Guerra
VOCAL SEGUNDO:	Ing. Jack Douglas Ibarra Solórzano
VOCAL TERCERO:	Ing. Juan Adolfo Echeverría Méndez
VOCAL CUARTO:	Br. Fernando Waldemar De León Contreras
VOCAL QUINTO:	Br. Pedro Ignacio Escalante Pastor
SECRETARIO:	Ing. Francisco Javier González López

TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO:	Ing. Jorge Mario Morales González
EXAMINADOR:	Ing. Sergio Fernando Pérez Rivera
EXAMINADOR:	Ing. Esteban Javier Vásquez Orozco
EXAMINADOR:	Ing. Jorge Leonel González Aguilar
SECRETARIO:	Ing. Edgar José Bravatti Castro

Guatemala, 1 de marzo de 1996

Ing. Jorge Peláez Castellanos
Escuela Mecánica Industrial
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala
Ciudad Universitaria

Señor Director:

De acuerdo con la disposición de esa Dirección, he asesorado y revisado el trabajo de tesis titulado "CONDICIONES OPTIMAS PARA EL MONTAJE DE UNA PLANTA PARA LA PRODUCCION DE UN INSECTICIDA BIOLOGICO", elaborado por la estudiante CORALIA ANGELICA VELASQUEZ COTI, previo a optar al título de Ingeniero Industrial.

Considero que el trabajo presentado por la estudiante Velásquez cumple con las metas y objetivos establecidos y que será de mucha utilidad para los profesionales de Ingeniería en general, y en forma específica para los ingenieros Industriales.

Por lo anteriormente expresado, tanto la autora como la suscrita, nos responsabilizamos por el contenido del presente trabajo.

Atentamente,



Gilda Lizethe Sosa Castillo
Ingeniero Industrial
Colegiado No. 2891
Asesor



FACULTAD DE INGENIERIA

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica
y Regional de Post-grado de Ingeniería
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

El Coordinador del Área de Ingeniería de la Producción de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, al contenido y la presentación del trabajo de tesis titulado CONDICIONES OPTIMAS PARA EL MONTAJE DE UNA PLANTA PARA PRODUCIR UN INSECTICIDA BIOLÓGICO, presentada por la estudiante universitaria Cerealia Angélica Velásquez Coti, recomienda la aprobación del presente trabajo.

YO Y ENSEÑADO A TODOS

Martha Guisela Gaitán
Inge. Martha Guisela Gaitán
COORDINADORA

Guatemala, junio de 1, 1996.

/ems

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA



FACULTAD DE INGENIERIA

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica
y Regional de Post-grado de Ingeniería
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

El Coordinador General de Tesis de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor y del Licenciado en Letras, con el Visto Bueno del Coordinador de Área, así como el contenido y la presentación del trabajo de tesis titulado **CONDICIONES OPTIMAS PARA EL MONTAJE DE UNA PLANTA PARA LA PRODUCCION DE UN INSECTICIDA BIOLÓGICO**, presentada por la estudiante universitaria **Coralía Angélica Velásquez Coti**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

LE Y ENSEÑAR A TODOS

Ing. Sergio Torres Méndez
COORDINADOR GENERAL DE TESIS
INGENIERIA MECANICA INDUSTRIAL

Guatemala, septiembre de 1,996

cm/s



FACULTAD DE INGENIERIA

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica
y Regional de Post-grado de Ingeniería
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor con el Visto Bueno del Coordinador de Área y el Licenciado en Letras, al trabajo de tesis titulado **CONDICIONES OPTIMAS PARA EL MONTAJE DE UNA PLANTA PARA LA PRODUCCION DE UN INSECTICIDA BIOLOGICO**, presentada por la estudiante universitaria Coralia Angélica Velásquez Coti el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

LEER Y ENSEÑAR A TODOS


Inq. Fernando José Álvarez Paz
DIRECTOR EN FUNCIONES
INGENIERIA MECANICA INDUSTRIAL

Guatemala, septiembre de 1, 1996.

emds

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central



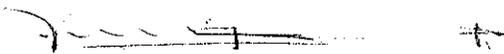
FACULTAD DE INGENIERIA

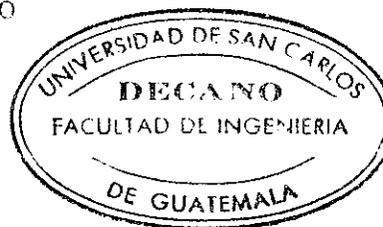
Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica
y Regional de Post-grado de Ingeniería
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de tesis titulado **CONDICIONES OPTIMAS PARA EL MONTAJE DE UNA PLANTA PARA LA PRODUCCION DE UN INSECTICIDA BIOLÓGICO**, presentada por la estudiante universitaria **Coralia Anqélica Velásquez Coti** procede a la autorización para la impresión de la misma.

IMPRIMASE:


Ing. Julio Ismael González Podszueck
DECANO



Guatemala, septiembre de 1, 1996.

emds

AGRADECIMIENTO

A DIOS, de quién he recibido tantas bendiciones, y porque de El proviene la sabiduría y la inteligencia.

A la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, por brindarme el acceso a una educación integral.

A mis padres, por su amor, comprensión y apoyo, en todo momento de mi vida.

A mis hermanas y hermanos políticos, por su apoyo incondicional.

A Ing. Agr. Marcelo Velásquez López, por compartir su experiencia y conocimientos, además de facilitar el lugar dónde se realizó el estudio experimental.

A Ing. Gilda Lizethe Sosa Castillo, por la asesoría y orientación del presente trabajo.

A Ing. Agr. Luis Gómez Cabrera y al personal de la biblioteca de la Escuela Panamericana de Agricultura "El Zamorano", por facilitarme acceso a material bibliográfico.

A Ing. Agr. Mario Alemán, del Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar, CENGICA, por su colaboración

Y a todas aquellas personas que de una u otra manera, colaboraron en la realización del presente trabajo.

INDICE

I.	Introducción	Pag. i
II.	Objetivos	iii
III.	Hipótesis	iv
IV.	Glosario	v

Capítulo I: Los Insecticidas

1.1	Los insecticidas y su importancia	1
1.2	Métodos de control	2
1.3	Clasificación de los insecticidas	2
1.4	Consecuencias del uso de insecticidas químicos	3
1.5	Los insecticidas biológicos	4
1.5.1	Importancia del control biológico	4
1.5.2	El hongo <u>Metarhizium anisopliae</u> como insecticida	5
1.5.2.1	Clasificación taxonómica	5
1.5.2.2	Modo de acción	6
1.5.2.3	Síntomas de la micosis en insectos	8
1.6	Experiencia de utilización en Guatemala	8
1.7	Demanda del hongo <u>Metarhizium</u> en el cultivo de la caña de azúcar	9
1.7.1	Demanda potencial actual	10
1.8	Establecimiento de la oferta de insecticidas biológicos a base de <u>Metarhizium</u>	11

Capítulo II: Instalaciones

2.1	Localización de la planta	13
2.1.1	Estudio interno de los factores	13
2.1.2	Método del centro de gravedad para la selección primaria	16
2.1.3	Método de valuación por puntos para la selección final	17
2.1.4	Método de análisis de costos	19
2.2	Descripción del edificio industrial	21
2.2.1	Características de construcción	24
2.2.2	Iluminación	25
2.2.3	Ventilación	26

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

Capítulo III: Materiales, equipo y proceso

3.1	Materiales que se van a utilizar	28
3.1.1	Material biológico	28
3.1.2	Medios y reactivos	29
3.1.3	Sustrato	29
3.2	Descripción del equipo	31
3.3	Descripción del proceso con base en la investigación experimental	33
3.4	Método propuesto para la producción masiva de conidias	38
3.5	Diagrama de operaciones del proceso	40
3.6	Distribución en planta	40
3.7	Manejo de materiales	43
3.8	Control de producción	45
3.9	Control de calidad	48
3.9.1	Herramientas de la calidad total	49
3.9.2	Puntos clave del control del proceso	50
3.10	Normas ISO 9000 para el aseguramiento de la calidad	50
3.10.1	Norma ISO 9002	51
3.11	Certificación de productos orgánicos	56

Capítulo IV: Organización de la planta

4.1	Estructura de la organización	57
4.2	Personal requerido	57
4.3	Perfiles de los puestos de trabajo	59

Capítulo V: Seguridad e higiene industrial en la planta

5.1	Condiciones del ambiente de trabajo	71
5.1.1	Causas posibles de accidentes	72
5.2	Normas generales de seguridad e higiene industrial	73
5.2.1	Normas básicas de seguridad e higiene en la planta	74
5.3	Riesgos de enfermedades	76
5.4	Equipo de protección personal	76
5.5	Equipo de protección contra incendios	77

V.	Conclusiones	viii
VI.	Recomendaciones	ix
VII.	Referencias	x
VIII.	Bibliografía	xii
IX.	Anexo	xv

Lista de Cuadros

Cuadro No.	Título	Página
1	Métodos de Control	2
2	Estímulos, incentivos y facilidades de la descentralización industrial	15
3	Factores importantes para el proceso	16
4	Método de valuación por puntos para la localización de la planta	18
5	Costos de instalación	19
6	Costos de operación anual	20
7	Resumen de ingresos y costos	20
8	Índices financieros	21
9	Áreas mínimas requeridas por sección	22
10	Iluminación requerida por sección	26
11	Tipo de ventilación requerido	27
12	Actividades a realizar en cada sección	43
13	Factores para la planeación y control de la producción	45
14	Actividades requeridas, tiempos y responsables	46
15	Personal requerido	58

Lista de Figuras

Figura No.	Título	Página
1	Conidioforas y conidias del hongo <i>Metarhizium anisopliae</i>	7
2	Plano de localización de factores	17
3	Plano de la distribución de la planta	23
4	Diagrama de la distribución del proceso	42

I. INTRODUCCION

Guatemala es un país con una economía predominantemente agrícola, por lo que resulta necesario desarrollar tecnología apropiada a nuestros recursos, que proporcione un aumento en la productividad de los cultivos.

En la región centroamericana, las plagas causan grandes pérdidas económicas en la producción agrícola. Para evitar estos daños, se utilizan varios métodos de control; el control químico el más utilizado y a la vez el más peligroso.

En Guatemala, se utilizan grandes cantidades de plaguicidas químicos, para el control de plagas que dañan diferentes cultivos. Estos productos químicos de control tienen un gran impacto sobre los ecosistemas, principalmente por los residuos tóxicos que dejan. Además, influyen en la economía, ya que son productos importados.

El desarrollo de resistencia de las plagas frente a los insecticidas químicos y la preocupación por la contribución de éstos a la contaminación del medio ambiente, ha hecho necesario que se estudie la posibilidad de emplear otros métodos para combatir las plagas.

Los insectos lo mismo que el hombre, los animales y plantas, son afectados por microorganismos que son capaces de causar enfermedades y mortalidad en sus poblaciones. La posibilidad de usar microorganismos entomopatógenos (virus, bacterias, hongos, protozoarios, rickettsias y nemátodos) ha sido considerada y su aplicación en el campo ha proporcionado buenos resultados. El control microbiano de plagas ha recibido gran atención y apoyo principalmente en los países desarrollados.

El control microbial se refiere al uso de entomopatógenos para regular las poblaciones insectiles que causan daño económico a los cultivos. La utilización de microorganismos como agentes de control de plagas, lleva a considerar la posibilidad de reproducirlos masivamente.

El presente estudio tiene por objeto establecer las condiciones óptimas para la producción de un insecticida biológico a base del hongo Metarhizium anisopliae. Este estudio constituye un aporte de la Ingeniería industrial a los procesos agroindustriales que se desarrollan en el país, con el convencimiento de que es la Ingeniería la encargada de generar la tecnología apropiada a las condiciones del medio.

La búsqueda de condiciones óptimas para la producción de M. anisopliae, inicia con la descripción del hongo, sus requerimientos nutricionales, los factores bióticos y abióticos que le afectan; una vez conocidas estas características, se procede a analizar la ubicación adecuada de la planta, detallando las características del edificio industrial y los requerimientos de cada sección. También se describe el proceso, materia prima, materiales y equipo necesario, el control de proceso y control de calidad recomendado. Además se establece la organización administrativa mínima de la planta, se presentan los perfiles de los puestos de trabajo del área de producción y se sugiere el equipo de protección y las condiciones de seguridad e higiene industrial adecuadas para evitar riesgos. Todo esto es con el fin de obtener un producto de calidad, que cumpla con las expectativas del cliente.

Se concluye que la producción masiva del hongo entomopatógeno Metarhizium anisopliae para utilizarlo como agente activo en la formulación de un insecticida biológico, es factible tanto a nivel de proceso como a nivel financiero.

II. OBJETIVOS

2.1 GENERAL:

Establecer los principios para la implementación de un sistema de producción de un insecticida biológico para el control de plagas de insectos que afectan cultivos agrícolas.

2.2 ESPECIFICOS:

- i. Proponer un sistema de control de producción del insecticida biológico a base de Metarhizium anisopliae.
- ii. Proponer el sitio óptimo para la localización de la planta de acuerdo con el proceso y restricciones gubernamentales al mismo.
- iii. Desarrollar un sistema de Calidad para la producción del insecticida biológico Metarhizium anisopliae.
- iv. Establecer la distribución de la planta de acuerdo con el equipo, operaciones, flujo de trabajo y asepsia requerida.
- v. Establecer los principios de seguridad e higiene industrial dentro de la planta.

III. HIPOTESIS

- Ho. Es factible la producción masiva del hongo Metarhizium anisopliae para la formulación de un insecticida biológico.
- Ha. No es factible la producción masiva del hongo Metarhizium anisopliae para la formulación de un insecticida biológico.

IV. GLOSARIO

1. Autoclave: recipiente con cierre hermético, capaz de resistir presiones superiores a la atmosférica. Estas condiciones pueden alcanzarse por efecto de la calefacción de líquidos, mezcla de líquido-gas, por la introducción de gas a presión o bien como consecuencia de reacciones químicas. Este aparato se utiliza para esterilizar.
2. Bioinsecticida: es una mezcla física de entidades vivientes con ingredientes inertes, el cual provee de control efectivo y económico de plagas.
3. Conidia: esporas producidas asexualmente, las cuales nacen en racimos o una sola espora, de una hifa específica. Las conidias son signos de madurez y cada una germina por la formación de uno o más tubos germinales. Las conidias son de forma muy variable, de esféricas a oblongas.
4. Conidioforo: hifa alargada de un hongo, que genera o contiene los conidios. Puede ser simple o ramificado.
5. Control biológico: puede definirse como la acción de parásitos, predadores o patógenos para mantener la densidad de población de otro organismo a un promedio más bajo del que existiría en su ausencia.
6. Control integrado de plagas: sistema de métodos químicos, físicos y biológicos, para reducir las densidades medias de la especie plaga a un nivel que no cause daño económico.
7. Control natural: es el mantenimiento de la densidad de una población más o menos fluctuante, dentro de ciertos límites superiores e inferiores definibles sobre un período de tiempo por la acción de factores abióticos y/o bióticos.
8. Deuteromicetes: llamados también hongos imperfectos, son una gran colección de especies caracterizadas por la producción asexual de conidias.
9. Dimórfico: es la ocurrencia de dos formas distintas. Combinación de cualidades de dos tipos de individuos en uno.
10. Ecdysis: se refiere al cambio de cutícula, que se produce periódicamente en los animales. Es un proceso fisiológico mediante el cual los animales pierden su revestimiento tegumentario externo, que es sustituido por otro nuevo.

11. Ecosistemas: son habitats autosuficientes en los que los organismos vivos y el medio orgánico actúan recíprocamente para intercambiar energía y materia en un ciclo permanente.
12. Entomopatógeno: es cualquier organismo (nemátodos) o microorganismo (virus, bacterias, hongos y rickettsias) capaz de provocar enfermedades en los insectos.
13. Epizootiología: es la ciencia que tiene que ver con la dinámica de las enfermedades, y que involucra a las poblaciones animales tanto en tiempo como en espacio.
14. Espora: célula reproductora de un individuo vegetal. Se conocen diversos tipos de esporas en las distintas plantas; si se forman en el interior de los esporangios, se llaman endoesporas; si se separan por escisión de la extremidad de una hifa diferenciada especialmente, se llaman exoesporas o conidios.
15. Esporangio: conjunto de células dedicadas a la reproducción vegetativa, es decir a la formación de esporas.
16. Factores abióticos: son aquellos que involucran las condiciones naturales, tales como: clima, suelo, aire, luz, humedad, etc.
17. Factores bióticos: son aquellos que involucran otros organismos o influencias derivadas de otros organismos.
18. Formulación de un insecticida microbial: es el proceso de transformación de entidades vivientes a un producto, el cual puede ser aplicado por métodos prácticos para permitir su efectividad, seguridad y uso económico.
19. Hifa: estructura fundamental de los hongos. El talo (cuerpo del hongo), está constituido por hifas generalmente ramificadas y tabicadas que crecen por sus extremos. Al crecer las hifas, aparecen nuevos tabiques que delimitan las células terminales.
20. Infecciosidad: es la aptitud para producir infección y la tendencia a propagarse rápidamente de un hospedero a otro.
21. Insecticidas: sustancias de acción letal sobre los insectos, utilizadas contra los que son nocivos al hombre, a los animales o a las plantas.
22. Latencia: infecciones que no presentan señales aparentes de su presencia. Cuando los microorganismos permanecen por largos períodos de tiempo en un hospedero, siempre y cuando las condiciones abióticas y bióticas sean las adecuadas, entonces se establece cierto equilibrio entre el patógeno y el

hospedero.

23. Medio oligídico: son aquellos en los cuales los materiales orgánicos no elaborados proporcionan la mayoría de los requerimientos dietéticos.
24. Nivel de daño económico (NDE): es la densidad de población de una plaga que causa suficientes pérdidas en la cosecha, que hace su control económicamente deseable.
25. Patogenicidad: es la capacidad para ocasionar enfermedad y es una cualidad fija inherente al microorganismo, en relación con cada huésped potencial que se considere.
26. Persistencia: es la habilidad que tiene un microorganismo para sobrevivir en el campo, a un nivel que pueda asegurar una diseminación de la infección en los hospederos. En general, la persistencia depende de las especies, cepas y estado morfológico del patógeno y de los factores bióticos y abióticos.
27. Plaga: una población de insectos es considerada plaga cuándo reduce la cantidad o calidad de los alimentos, forraje o fibra durante la producción; dañan los productos durante la cosecha, procesamiento, almacenamiento, venta o consumo; transmiten organismos patógenos causantes de enfermedades al hombre, a los animales o a las plantas. Cuándo una población de insectos se encuentra por encima de la densidad media.
28. Residuo: producto químico, sus derivados y sustancias auxiliares que quedan en una planta, un animal, en alimentos o en el agua. Los residuos se expresan en partes por millón (ppm) respecto al peso de la muestra fresca.
29. Resistencia: se aplica a especies de insectos que anteriormente fueron susceptibles, cuyas poblaciones actuales ya no se pueden controlar mediante un insecticida aplicado a las dosis recomendadas, debido a que la nueva población tolera dosis que antes destruían a casi todos sus progenitores.
30. Virulencia: es la capacidad relativa de un microorganismo para vencer las defensas corporales del hospedero.

CAPITULO I

LOS INSECTICIDAS

El termino "insecticida" se deriva de las palabras latinas que significan "insectos" y "matar". Esta interpretación no debe limitarse al empleo de sustancias que matan insectos sin incluir a los repelentes, atrayentes y esterilizantes químicos.

Los insecticidas son sustancias o preparados fitosanitarios de acción letal sobre los insectos, al actuar sobre su aparato digestivo, sistema respiratorio, sistema nervioso y sistema circulatorio. Algunos insecticidas actúan sobre el sistema reproductor e inhiben la multiplicación del insecto.

Las primeras referencias al empleo de insecticidas datan de hace 3,000 años, en las escrituras de griegos, romanos y chinos. Homero (1000 a.C.) recomendó el uso del azufre como "Conjurador de Plagas". La naturaleza tóxica del arsénico fue conocida por los griegos y chinos durante el primer siglo d.C. Los persas descubrieron las propiedades tóxicas del piretro.

1.1 Los insecticidas y su importancia

Las plagas son de interés para el hombre porque amenazan su alimento, el forraje y la fibra, además sirven como vectores de organismos que producen enfermedades. También atacan los productos almacenados y las viviendas.

La demanda de alimentos ejercida por una población en continuo crecimiento, la demanda de materias primas para una industria en proceso de expansión y la necesidad de las divisas para participar en el mercado mundial, han impulsado el desarrollo de nuevas técnicas de producción agrícola. Uno de los factores de mayor incidencia en los sistemas de explotación agrícola es la presencia de plagas, cuya importancia y daño a las plantas ha sido incrementada, en muchos casos por el mismo hombre.

Se calcula que en la región centroamericana, las plagas causan pérdidas económicas que llegan hasta el 30% de la producción agrícola. ⁽⁵⁾

1.2 Métodos de control

Para reducir el daño que las plagas infieren al hombre y sus cosechas, se emplean varios métodos de control (Cuadro No.1),

de los cuales el control químico es el más utilizado.

Cuadro No. 1
Métodos de control

Artificial	Natural
Control químico	Factores climáticos
Control físico y mecánico	Insectos predadores
Control por cultivos	Enfermedades de los insectos
Control biológico	
Control legal	

1.3 Clasificación de los insecticidas

Según su mecanismo de acción:

- a. Por ingestión: el insecto debe ingerirlo para morir.
- b. Por contacto: el insecticida ejerce su acción al hacer contacto con los tegumentos del insecto.
- c. Por inhalación: cuando actúa en el aparato respiratorio del insecto.
- d. Polivalentes: los que poseen una doble acción.

Según su constitución química:

- a. Aceites minerales: especialmente derivados de la destilación del petróleo.
- b. Productos inorgánicos: entre ellos están los derivados del arsénico, fluor, ácido bórico y ácido cianhídrico.
- c. Productos orgánicos naturales: son de origen vegetal, los más importantes son el piretro, la nicotina y la rotenona.
- d. Productos orgánicos sintéticos: los primeros en aparecer fueron los organoclorados (1,939); a principios de los años 50, se sintetizaron los organofosfatados y en 1,960, apareció el grupo de los carbamatos.

1.4 Consecuencias del uso de insecticidas químicos

El descubrimiento de productos químicos capaces de destruir insectos y malas hierbas, ofreció al mundo la posibilidad de una agricultura libre de plagas, sin embargo, esta visión no se ha materializado aún y la lucha contra las plagas ha dejado agua, suelo y aire contaminados.

Los productos químicos, que son lo bastante potentes para destruir insectos y malas hierbas, no pueden ser al mismo tiempo inofensivos para el hombre y el medio ambiente. Los efectos a largo plazo sobre la salud por la exposición a los pesticidas incluyen cáncer, defectos de nacimiento, daños genéticos, problemas respiratorios, trastornos en el sistema nervioso, problemas reproductores y daños en el hígado y riñones. ⁽²⁰⁾

La Organización Mundial de la Salud (OMS) en una estimación conservadora, ha calculado entre 500,000 y un millón las personas que cada año sufren enfermedades causadas por los pesticidas, entre 5,000 y 10,000 mueren como consecuencia de ello. ⁽⁵⁾

Desde el punto de vista ecológico, el uso de pesticidas ha provocado disturbios en la dinámica poblacional de los insectos dañinos, por la destrucción de la fauna benéfica reguladora, y se ha creado dependencia a este sistema de control.

Una consecuencia de carácter biológico es la resistencia que van adquiriendo las plagas a los agrotóxicos; aproximadamente 500 plagas de insectos han empezado a resistir a los plaguicidas químicos. ^(7, 20)

Desde el punto de vista económico, deben tomarse en cuenta el alto costo que representa el empleo frecuente de insecticidas y las restricciones en el mercado internacional a productos que presentan residuos tóxicos.

Al alimentarse, tanto el hombre como los animales, de plantas en las que quedan residuos de pesticidas, se introducen productos tóxicos en la cadena alimenticia; estos compuestos se acumulan en los tejidos del hombre y de los animales hasta alcanzar niveles peligrosos.

Los insecticidas también han originado contaminación ambiental, que crea desequilibrios biológicos y pone en peligro un número incalculable de especies.

1.5 Los insecticidas biológicos

Los insectos, al igual que el hombre, otros animales y las plantas son afectados por microorganismos capaces de causar enfermedades y mortalidad en sus poblaciones. Estos microorganismos pertenecen a uno de los siguientes grupos: bacterias, virus, hongos, protozoarios y rickettsias. Aunque los nemátodos no son microorganismos, también se incluyen, ya que afectan y causan enfermedades a los insectos.

El primer patógeno que se conoció fue un hongo del género *Cordyceps* sobre un noctuido reportado en 1,726 por Reamur. En 1,826 Kirby escribió un artículo sobre el tema en el tratado "An Introduction to Entomology". En 1,835, Agostino Bassi, el padre de la patología de los insectos, publicó un trabajo sobre la Muscardina, una enfermedad fungosa en el gusano de seda.

1.5.1 Importancia del control biológico

El biocontrol o control biológico es el uso deliberado de parásitos, predadores o patógenos para la regulación de las densidades de las poblaciones de insectos plaga. El interés en los agentes biológicos de control de plagas se incrementó por el conocimiento público de los peligros y daños ocasionados al medio ambiente y a la salud humana, al hacer uso de los pesticidas químicos, además de los costos que representa el empleo frecuente de insecticidas a nuestra economía tercermundista.

El manejo de plagas de los cultivos lleva un enfoque económico, pues se integran métodos que permiten reducir las poblaciones de las plagas a niveles que no causen daño económico a un mínimo costo; y un enfoque ecológico, ya que se buscan métodos que garanticen a mediano y largo plazo un ecosistema más estable y menos contaminado.

En la actualidad, más de 110 diferentes plagas en 60 países, han sido controladas por medio de Control Biológico. (7)

Las ventajas de los agentes biológicos de control son:

- a. Alto grado de especificidad para el control de plagas.
- b. Poco o ningún efecto sobre insectos no objetivo e insectos benéficos y mamíferos.

- c. El insecto no desarrolla resistencia.
- d. Ausencia de residuos tóxicos en el medio ambiente.
- e. Impacto potencial de la Biotecnología.
- f. Una vez establecidos, los microorganismos se perpetúan por sí mismos y se ajustan constantemente a los cambios de volumen de población de las plagas que atacan.
- g. Reducción de los costos del manejo de plagas.

1.5.2 El hongo Metarhizium anisopliae como insecticida

En 1,879, Elie Metchnikoff aisló el hongo muscardina verde de larvas del escarabajo gallo de trigo Anisoplia austriaca Hbst. Metchnikoff halló que este hongo también atacaba al dañino escarabajo Cleonus punctiventris, una plaga de la remolacha azucarera. Este científico ruso estudió la enfermedad y le llamó Metarhizium anisopliae al hongo que la producía.

Es llamado muscardina verde porque el hongo emerge del cuerpo del insecto y lo cubre con material fungoso, similar en su apariencia al dulce muscardin french.

Metchnikoff vio la posibilidad de usar este hongo para el control de plagas; por eso desarrolló métodos para el cultivo del hongo sobre medios artificiales, principalmente sobre masilla de cerveza como medio para producción en gran escala. El experimento tuvo éxito y los escarabajos fueron infectados con las esporas del hongo, los cuales desarrollaron micosis. Krassilstchik (1,888), de la Universidad de Odesa, utilizó los métodos de Metchnikoff y construyó una pequeña estación experimental con el propósito de producir las esporas del hongo a gran escala.

1.5.2.1 Clasificación taxonómica

La clasificación aceptada de Metarhizium sp. es:

Superreino.....	Eukaryonta
Reino	Myceteae
División	Amastigomycota
Subdivisión	Deuteromycotina
Clase	Deuteromycetes
Subclase	Hyphomycetidae
Orden	Moniliales

Familia Moniliaceae
Género Metarhizium
Especie sp.
(9)

El hongo Metarhizium anisopliae fue separado en la variedad anisopliae y la variedad mayor.

Características de M. anisopliae var anisopliae

- a. Conidia elipsoidal, cualquiera de los extremos redondeado o ligeramente truncado. Colonias amarillo grisáceo, verde u oliváceo.
- b. Conidias de 3.5 - 9.0 μm de largo, generalmente 5.0 - 8.0 μm .

Características de M. anisopliae var. mayor

- a. Conidia cilíndrica a ovoide, levemente angosto en el centro y truncado en ambos extremos, muchas colonias son coloreadas de verde a café oscuro.
- b. Conidias de 9.0 - 18.0 μm de largo, generalmente de 10-14 μm .

Metarhizium anisopliae es identificado por su pigmentación verde y conidias con un núcleo, provenientes de cadenas de fialidios cilíndricos. Metarhizium tiene racimos de conidioforos transparentes, formando una capa de esporulación, las conidias se producen en cadenas con columnas compactas con apariencia de ovoide a cilíndrica, pueden ser transparentes o pigmentadas de color aceituno a verde.

Una aproximación de la forma de las conidioforas y conidias del hongo Metarhizium anisopliae, como se observan a través del estereoscopio, se ilustra en la figura de la página siguiente.

1.5.2.2 Modo de acción

- a. Adhesión de la espora a la cutícula
La habilidad de adherencia a la superficie del hospedero es un factor determinante de patogenicidad. Por referencia de datos in vitro, la germinación de las esporas sobre la cutícula se considera sujeta a factores de temperatura y humedad, pero el primer estado de germinación depende de un componente no identificado de la exocutícula.

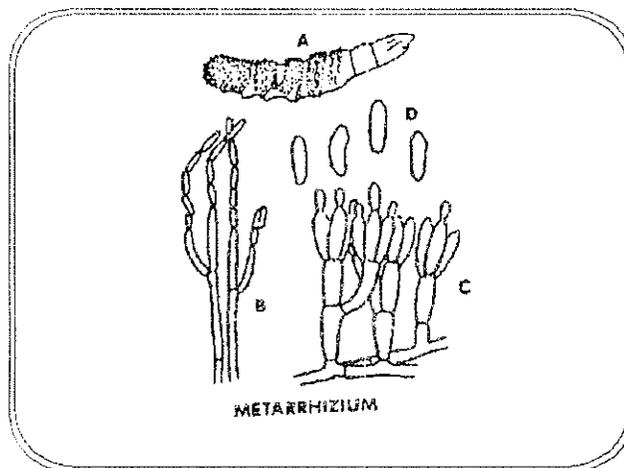


Figura No.1: Hongo *Metarrhizium anisopliae*
 A. Insecto infectado con el hongo.
 B y C. Conidioforas
 D. Conidias o esporas del hongo.

b. Penetración en la cutícula del hospedero

La penetración del hongo en el exoesqueleto del hospedero, involucra componentes enzimáticos y mecánicos. El proceso de penetración en el hospedero es el paso más crítico de la patogénesis. Esta fase es dependiente de las características térmicas y de humedad del microclima circundante.

La invasión del hospedero es normalmente a través de la cutícula externa, especialmente sobre las membranas de la cabeza y el tórax o en los pliegues entre segmentos. Después de que cruza el integumento, el hongo se desarrolla en el hemocelo en presencia de reacciones defensivas del hospedero. Los plasmotocitos rodean el micelio como un pseudo tejido o granuloma, pero el hongo produce toxinas que corroen ese granuloma y permiten a las blastoesporas invadir el hemocelo. Estudios histopatológicos de tejidos infectados por *Metarrhizium anisopliae*, muestran que las toxinas matan al hospedero, al iniciar una degeneración de los tejidos, debido a la pérdida de la integridad estructural de las membranas y a la deshidratación de las células por pérdida del fluido. Los cuerpos hifales proliferan solamente justo antes de la muerte del hospedero.

La muerte del hospedero marca la fase parásita del

desarrollo fungal. Entonces, el micelio crece sapróficamente a través de todos los tejidos. El hongo produce un antibiótico que pigmenta el cadáver de color verde, los conidioforos se desarrollan solamente cuando las condiciones abióticas son adecuadas.

1.5.2.3 Síntomas de la micosis en insectos

- a. Cambios de conducta: pérdida del apetito, movimientos débiles debido a parálisis parciales; la larva pierde el reflejo de enderezamiento permaneciendo encorvada.
- b. Decoloración: los cambios de color pueden deberse al hongo o a pigmentos que este produce.
- c. Cambios de estructura interna y externa: al penetrar el hongo en el hospedero, perfora las membranas intersegmentarias del abdomen; las hifas invaden además el tejido adiposo; los sistemas muscular y nervioso; la presencia del hongo al llenar el cuerpo da la rigidez post-mortem de la larva.
- d. Alteraciones fisiológicas del insecto: aumento exagerado del consumo de oxígeno, pérdida de peso, histólisis producto de la actividad enzimática. Estos síntomas se pueden presentar a un mismo tiempo o de modo sucesivo.

1.6 Experiencia de utilización en Guatemala

Rodas Castañeda (1,981), determinó que Metarhizium anisopliae es un agente efectivo contra la chinche salivosa, Aeneolamia sp. ⁽⁹⁾

En los ciclos agrícolas durante 1,980/81 y 1,982/83, se diseminó Metarhizium anisopliae para controlar Aeneolamia sp. en el cultivo de la caña de azúcar. La mortalidad alcanzó el 90% en adultos de esta especie. ⁽¹¹⁾

En condiciones de laboratorio, las especies Anthonomus eugenii, A. grandis y Diatraea saccharalis en estado de larva, presentaron 100% de parasitismo por el hongo. Estas plagas son importantes en los cultivos de chile, algodón y caña respectivamente. Los áfidos del rosal, Aphis sp. en estado adulto y el gusano falso medidor Trichoplusia ni mostraron un alto porcentaje de parasitismo. ⁽⁹⁾

Metarhizium anisopliae, Bacillus thuringiensis y el virus de la Poliedrosis Nuclear fueron usados en el control de la palomilla dorso de diamante, Plutella xylostella, en el cultivo de brocoli, en dos mini riegos del departamento del Quiché, lográndose buenos resultados. ⁽¹¹⁾

Aplicaciones experimentales de menos de 5 ha. han sido realizadas por Agrícola El Sol, con el hongo como agente de control de la broca del fruto del café, H. hampei. ⁽⁵⁾

Agrícola El Sol, con una producción comercial para 150 ha., está utilizando M. anisopliae como agente de control de la plaga del pasto Aeneolamia postica. ⁽⁵⁾

Aplicaciones del hongo Metarhizium anisopliae se han realizado en los ingenios "El Pilar" y "Concepción", para el control de la chiche salivosa, Aeneolamia sp.¹

1.7 Demanda del hongo Metarhizium en el cultivo de la caña de azúcar

Según investigaciones, se determinó que el hongo M. anisopliae es un agente efectivo del control biológico de plagas de la caña de azúcar y de los pastos. ^(8, 10)

En 1,969, el hongo Metarhizium anisopliae fue aislado en Brasil de la cigarrita de la caña de azúcar, Mahanarva posticata. La producción de microorganismos como bioinsecticidas, tuvo un acentuado desarrollo a partir de esas investigaciones. Actualmente se tratan más de un millón de hectáreas con el hongo en ese país. ^(8, 10)

En Trinidad y en Grenada, la especie Aeneolamia varia saccharina, plaga de la caña de azúcar, ha empezado a ser controlada utilizando el hongo Metarhizium con resultados promisorios. En Guyana el hongo Metarhizium anisopliae es utilizado como agente de control biológico contra la especie Aeneolamia flavilatera. ⁽¹⁷⁾

En Venezuela, el hongo es utilizado con éxito en el control de la Candelilla de la caña. ⁽²¹⁾

En Costa Rica, se reporta el uso de M. anisopliae como agente de control de Hypsipyla grandella Zellar. ⁽⁹⁾

En Australia, Metarhizium anisopliae es utilizado en el control de Aphodius tasmaniae, una plaga del pasto. ⁽¹⁰⁾

¹Información proporcionada por el Centro de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar de Guatemala. (CENGICA)

1.7.1 Demanda potencial actual

La agroindustria azucarera es una de las fuentes de generación de divisas más importante del país y ha colocado a Guatemala como el tercer país exportador de azúcar de Latinoamérica y el Caribe, después de Cuba y Brasil, y el sexto a nivel mundial. De la producción total de azúcar del área centroamericana, el 51% es producido por Guatemala. Durante la zafra 93-94, la producción fue de aproximadamente 23 millones de quintales. La zafra 94-95 finalizó con una producción que ascendió a 28 millones 114 mil 325 quintales.²

En 1,992, se generaron ingresos por exportación de azúcar y melaza de \$145.3 millones y \$4.7 millones.⁽⁴⁾

El cultivo de la caña de azúcar es atacada por varias plagas; en Guatemala las principales plagas son: gallina ciega, barrenador mayor, falso medidor, barrenador menor y chinche salivosa; estas plagas provocan serios daños en la caña y disminuyen la productividad del cultivo. Por esta razón, los productores de caña están interesados en métodos efectivos de control de plagas, que no incrementen sus costos de producción. El control biológico, con la utilización del hongo M. anisopliae como agente, constituye una alternativa viable para este propósito.

Debe tomarse en cuenta que la demanda del hongo Metarhizium anisopliae en el cultivo de la caña de azúcar, consiste en una demanda originada por un mercado de tipo organizacional o industrial. Este mercado consiste en individuos u organizaciones de negocios que compran el producto con el propósito de obtener beneficios por utilizarlo para producir otros productos, en este caso, caña de azúcar.

La demanda industrial posee las características de ser derivada, inelástica, complementaria y fluctuante. Por lo que la mezcla de mercadeo debe enfocarse adecuadamente de acuerdo con el tipo de mercado.

El mercado nacional para el cultivo de caña, durante el período 90-91 fue de 119,552 hectáreas, de las cuales una parte fue cultivada por los 17 ingenios que operan en el país y el resto por cañeros particulares. Se estima que en el período 93-94 el área sembrada fué de 130,000

²Información proporcionada por la Asociación de Azucareros de Guatemala. (ASAZGUA)

hectáreas (186,043 manzanas).³

La demanda real del mercado constituido por los cultivadores de caña de azúcar, para el insecticida biológico a base de M. anisopliae, para el período 95-96 se estima en un 15% del mercado potencial; esto equivale a 19,500 ha., que requieren 4,193 Kg. anuales de conidias puras. Al pronosticar la demanda para este período se tomó como base el área sembrada de 130,000 ha.

El mercado se encuentra localizado en la región sur y sur oriente del país, principalmente en los departamentos de Escuintla y Suchitepéquez.

Además del mercado constituido por la caña de azúcar, actualmente el mercado de las hortalizas está alcanzando niveles relevantes en las exportaciones y está interesado en productos biológicos para el control de plagas, debido a las restricciones del mercado internacional a productos con residuos tóxicos. El cultivo de las hortalizas constituye un mercado potencial para el insecticida biológico.

1.8 Establecimiento de la oferta de insecticidas biológicos a base de Metarhizium

En Brasil, el hongo es producido por laboratorios de la región cañera; las esporas y el sustrato son secados, empacados y distribuidos bajo una variedad de nombres comerciales, el más conocido es Metaquino, pero también es distribuido con los nombres de Biocontrol, Biomax, Combio, Metabiol y Metapol.

Los laboratorios Bayer de Alemania están desarrollando un producto a base de M. anisopliae conocido como BIO 1020.

En México, Estados Unidos, Nueva Zelanda y Costa Rica también se está produciendo el hongo Metarhizium anisopliae. En Venezuela, Metarhizium anisopliae es producido con el nombre comercial de Cobican, en una biofábrica perteneciente a la sociedad de cañicultores de Portuguesa. En el Centro Nacional de Protección Vegetal de Managua, existe un proyecto de producción de Metarhizium, para el control de plagas de maíz, Dalbulus maidis, Hypothenemus hampei (broca del café) y Plutella sp. que es una plaga del repollo.

En Honduras, la Escuela Panamericana de Agricultura El

³ Ibídem.

Zamorano, produce el hongo M. anisopliae en baja escala, para el control de chinche salivosa en caña de azúcar.

Australia está produciendo Metarhizium anisopliae para el control de plagas del pasto.

La compañía Colombiana de Formulación de Insecticidas Biológicos está produciendo un bioinsecticida a base de Metarhizium.

En Guatemala, la única empresa registrada ante el Departamento de la Dirección Técnica de Sanidad Vegetal como productor y exportador de Metarhizium anisopliae es Agrícola El Sol, con su producto MET-92, el cual fue registrado ante esa oficina en agosto de 1,993. Dicho producto es un polvo hidrosoluble con el 99% de ingrediente activo.⁴ En el año de 1,995, Agrícola El Sol vendió su producto a Q.500.00 el Kg. de esporas puras; este precio incluía el impuesto al valor agregado.

En la actualidad, en el Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar, CENGICA, se produce Metarhizium anisopliae para utilizarlo en pruebas de campo para el control de plagas de la caña de azúcar. En 1,995, se esperaba aplicar el hongo a 700 ha.⁵

⁴ Información proporcionada por el Departamento de la Dirección Técnica de Sanidad Vegetal.

⁵ Información proporcionada por el Centro de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar de Guatemala. (CENGICA).

CAPITULO II

INSTALACIONES

2.1 Localización de la planta

La localización de la planta implica un estudio cuidadoso, para determinar el sitio o el lugar más conveniente para la ubicación de la planta, buscando la operación óptima de la misma, desde el punto de vista económico y administrativo.

La decisión de ubicación de las instalaciones resulta difícil y compleja, debido a que puede traer consecuencias para la organización. La decisión de localización no debe centrarse exclusivamente en los costos; también deben cubrirse aspectos del comportamiento humano, tales como diferencias culturales, satisfacción de los trabajadores con su actividad y las consideraciones relacionadas con los consumidores.

La planta debe estar situada en la región más ventajosa, dentro de esa región en la mejor comunidad y dentro de la comunidad en el terreno más adecuado. La región comprende una zona geográfica que presenta características deseables: clima, producción de materias primas, mercado, etc. La comunidad comprende un centro de población y suburbios de éste, que satisfaga las necesidades de la empresa según aspectos de mano de obra, impuestos y leyes de protección a la industria, condiciones y nivel de vida, etc. El terreno es el lugar específico dentro de una comunidad donde se construirá la planta, de acuerdo con los factores siguientes: superficie necesaria, topografía, costo del terreno, proximidad a vías de comunicación, proximidad a los servicios públicos, etc.

2.1.1 Estudio interno de los factores

La conveniencia de la ubicación debe analizarse en términos de producción, almacenamiento, distribución y administración del producto, no sólo a corto plazo sino con proyección al futuro. Además deben tomarse en cuenta las restricciones e incentivos de parte del Gobierno hacia este tipo de industria.

El Acuerdo Gubernativo No.377-90 en el art. 53o. dice: "Los locales destinados a la fabricación, formulación o reenvasado de plaguicidas deben estar ubicados en sitios autorizados por el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social..."; con base en lo anterior, la

ubicación de la planta requiere una autorización gubernamental.

Por ser un producto biológico que necesita condiciones de asepsia, la planta no deberá ser ubicada cerca de focos de contaminación tales como: basureros, rellenos sanitarios o ríos de aguas negras.

Los factores más importantes para la localización de la planta son:

- a. Mano de obra: al instalar la planta debe analizarse la posibilidad de contratar personal calificado en el lugar donde ésta se ubica o en las cercanías de la misma. Resulta necesario tomar de la cultura local las habilidades administrativas y técnicas, en la mezcla y proporciones adecuadas para que presten la contribución que de ellas se demanda; de esta forma, se eleva el nivel de vida de la comunidad, se evita el estrés en el trabajador, que es provocado por cambio de domicilio a causa del trabajo; se evitan gastos y se minimizan riesgos por la transportación de los trabajadores.
- b. Materias primas: la disponibilidad de materias primas de buena calidad y a precio competitivo en el lugar de la ubicación, permitirá reducir el costo por transporte de éstas desde un lugar distante, además de asegurar la existencia de materia prima en cualquier época del año.
- c. Suministro de servicios: los servicios mínimos requeridos por la planta para su funcionamiento eficiente son: agua, electricidad, drenajes, teléfono y vías de acceso.
- d. Temperatura: el producto requiere de condiciones específicas de temperatura (26 - 28°C); durante el proceso de desarrollo del micelio, este aspecto debe ser tomado en cuenta al elegir la ubicación de la planta.
- e. Mercado: es conveniente que la planta esté ubicada cerca del mercado, ya que aunque el producto no requiere ser consumido inmediatamente, éste debe almacenarse a una temperatura entre 2-6°C. Al transportar el producto a lugares distantes, sin las condiciones adecuadas de almacenaje, se pone en peligro la viabilidad del hongo y por ende la calidad del producto.
- f. Vías de comunicación: es conveniente que la planta esté ubicada en un lugar de fácil acceso y cerca de las vías de comunicación, para facilitar el transporte de materia prima y materiales, la distribución del producto y el traslado de los trabajadores a la planta.

- g. Costos fijos: las instalaciones nuevas demandan costos fijos iniciales, que generalmente ocurren una sola vez durante la vida del producto. La magnitud de estos costos tiene una estrecha relación con el lugar que se seleccione, debido a que los costos por construcción y valor de la tierra varían de un sitio a otro.
- h. Incentivos fiscales: en 1,979, se emitió en Guatemala la Ley de Fomento para la Descentralización Industrial, la cual contempla en sus artículos 7o., 8o. y 9o. la exoneración de un porcentaje del Impuesto sobre la Renta a las empresas industriales que se establezcan en los departamentos y municipios clasificados en las categorías II, III y IV, en períodos que van de 8 a 10 años, depende de la categoría a que pertenezcan, según se muestra en el Cuadro No. 2.

CUADRO No. 2
Estímulos, incentivos y facilidades
de la Descentralización Industrial

cate- goria	Departamentos y sus municipios.	ISR período en años	A	B	C	D
I	Guatemala	----	-	-	-	-
II	Sacatepéquez, Escuintla, Quetzaltenango	70%, 8	sí	sí	sí	sí
III	Suchitepéquez, Retalhuleu y Santa Rosa	80%, 8	sí	sí	sí	sí
IV	El Progreso, Alta Verapaz, Sololá, Baja Verapaz, Petén, San Marcos, Izabal, Jalapa, Chiquimula, Huehuetenango, Zacapa, Jutiapa, Chimaltenango, Quiché, Totonicapán.	90%, 10	sí	sí	sí	sí

- A. Financiamiento de instituciones financieras del Estado a los plazos más adecuados, dependiendo de la naturaleza del proyecto.

- B. Asistencia técnica prioritaria gratuita de parte de instituciones estatales en el desarrollo de estudios de prefactibilidad y factibilidad técnico-económica, la capacitación y adiestramiento de mano de obra, el incremento de la productividad y el estudio de mercados y comercialización para la exportación.
- C. Prioridad en la utilización de estudios de preinversión industrial que elaboren las instituciones del Estado.
- D. Trato preferencial en la utilización de instalaciones industriales construidas por el Estado.

FUENTE: DECRETO 24-79, del Congreso de la República de Guatemala.

Los factores y la calificación con respecto a su importancia para el proceso se presentan en el siguiente cuadro.

CUADRO No. 3
Factores importantes para el proceso

FACTOR	CALIFICACION
a. Mano de obra	90
b. Materia prima	100
c. Servicios	100
d. Temperatura	70
e. Mercado	80
f. Vías de comunicación	70
g. Costos fijos	80
h. Incentivos fiscales	70

FUENTE: Estudio interno de los factores importantes del proceso.

2.1.2 Método del centro de gravedad para la selección primaria

Después de seleccionar los factores, según el estudio interno, se procede a localizar en un plano los puntos del país, donde se obtienen satisfactoriamente dichos factores. El plano de coordenadas cartesianas representa el mapa de Guatemala.

Se trazan coordenadas sobre el plano y se obtienen las coordenadas del centro del sistema de la forma siguiente:

- i. Coordenada horizontal: suma de los productos de la calificación de cada factor por su coordenada horizontal, dividida entre la suma de las calificaciones de los factores.
- ii. Coordenada vertical: suma de los productos de la calificación de cada factor por su coordenada vertical, dividida entre la suma de las calificaciones de los factores.

Plano de localización de factores

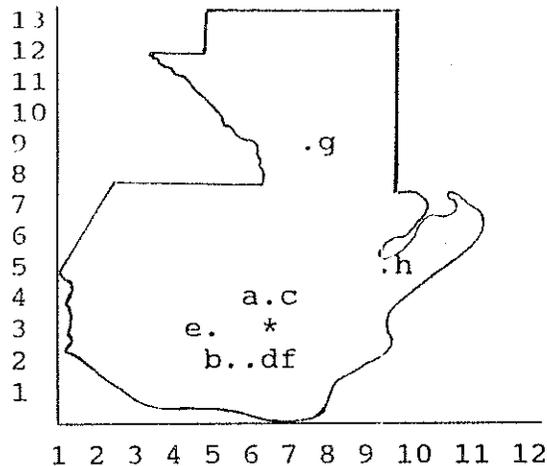


Figura No. 2

Centro de gravedad del sistema (punto *)

Coordenada horizontal: 6.56 Coordenada vertical: 3.27

De acuerdo con el método de centro de gravedad, la planta podría localizarse entre las regiones de Escuintla y Guatemala; según las coordenadas del sistema la comunidad apropiada podría ser el municipio de Palín, en Escuintla.

2.1.3 Método de valuación por puntos para la selección final

Este método se basa en la comparación de puntos alcanzados por cada localidad. La lista obtenida en el estudio interno de los factores más importantes para la localización de la planta, se aplica a cada una de las localidades y se les asigna una calificación según el grado de satisfacción del factor. La puntuación de cada factor se multiplica por la calificación de cada una de las localidades; los productos obtenidos por localidad se

suman. La localidad con mayor resultado se considera la más adecuada.

Para determinar las regiones del país, con las mejores características para la instalación de la planta, se analizaron las estadísticas respecto a los aspectos considerados en el cuadro No. 3.

Las estadísticas requeridas fueron:

Educación
 Industria
 Zona productora de arroz
 Cobertura de servicios: energía eléctrica/agua potable
 Telecomunicaciones
 Aspectos climáticos: temperatura y humedad relativa
 Transporte
 Areas de producción cañera
 Vías de comunicación
 Costo por metro cuadrado de construcción
 Valor del metro cuadrado de terreno

Después de analizar las estadísticas, se determinó que las regiones que presentan mejores características según lo requerido son:

Escuintla Guatemala Quetzaltenango
 Retalhuleu Zacapa

El Cuadro No.4, muestra el análisis de estas regiones, respecto al grado de satisfacción de los factores.

CUADRO No. 4
 Método de valuación por puntos para la localización de la planta

FACTOR	Escuintla			Guatemala		Quetzaltenango		Retalhuleu		Zacapa	
	CALIF.	CALIF.	TOTAL	CALIF.	TOTAL	CALIF.	TOTAL	CALIF.	TOTAL	CALIF.	TOTAL
a	90	70	6300	100	9000	80	7200	50	4500	45	4050
b	100	95	9500	90	9000	80	8000	90	9000	70	7000
c	100	75	7500	100	10000	80	8000	60	6000	60	6000
d	70	90	6300	75	5250	40	2800	90	6300	85	5950
e	80	95	7600	75	6000	70	5600	90	7200	60	4800
f	70	90	6300	85	5950	80	5600	60	4200	60	4200
g	80	50	4000	30	2400	50	4000	60	4800	70	5600
h	70	70	4900	10	700	70	4900	85	5950	100	7000
TOTAL			52400		48300		46100		47950		44600

La calificación otorgada a cada una de las regiones, se calculó de acuerdo con la información estadística; dicha calificación es solamente aproximada, debido a que en el país no se cuenta con suficiente información actualizada.

Como resultado de este análisis, se observa que las mejores condiciones para la localización de la planta se encuentran en el departamento de Escuintla, le sigue Guatemala y después Retalhuleu.

El método de **Valuación por puntos** es un análisis subjetivo, para tomar la decisión de localización de la planta; deben investigarse y analizarse aspectos a nivel financiero (costos de instalación, costos de operación e ingresos por ventas), para tener una mejor base en la toma de decisiones.

2.1.4 Método de análisis de costos

Para aplicar este método, hay que fijar la producción esperada de la planta y los costos de instalación y operación en cada sitio que se analiza. Este método está sujeto a los valores y cifras actuales, con la suposición de que se mantengan las condiciones del estudio.

Se asume que la cantidad de producto producido en cada localidad será la misma, se producirá como mínimo 750 Kg. de conidias puras y 7,500 Kg. de arroz con un porcentaje de esporas. El precio de venta por Kg. de conidias puras se estima en Q.465.00+IVA, el precio por Kg. de arroz más esporas se estima en Q.25.70+IVA.

En los cuadros No. 5 y 6, se presentan los costos estimados, en que se incurre por instalación y por operación de la planta, en tres regiones del país.

CUADRO No. 5
Costos de instalación

Concepto	Escuintla	Guatemala	Retalhuleu
Terreno	50,000.00	90,000.00	35,000.00
Edificio	871,200.00	1,188,000.00	792,000.00
Equipo	200,897.00	194,110.00	201,896.00
Servicios	5,805.00	7,605.00	6,705.00
Total (Q.)	1,127,902.00	1,479,715.00	1,035,602.00

biológicos, debido a que en el país no se cuenta con un reglamento específico, para este tipo de insecticidas.

Para la producción de un bioinsecticida a base del hongo Metarhizium anisopliae, los edificios de primera categoría son adecuados, debido a que las condiciones de asepsia requeridas por el proceso pueden cumplirse mejor en este tipo de construcciones. Además, el proceso en sus fases de incubación y secado, requiere un nivel de temperatura controlado entre 24-28°C y humedad relativa entre 70-80%, los cuáles son factores determinantes, por lo que una construcción apropiada permitirá la obtención de estas condiciones con más facilidad.

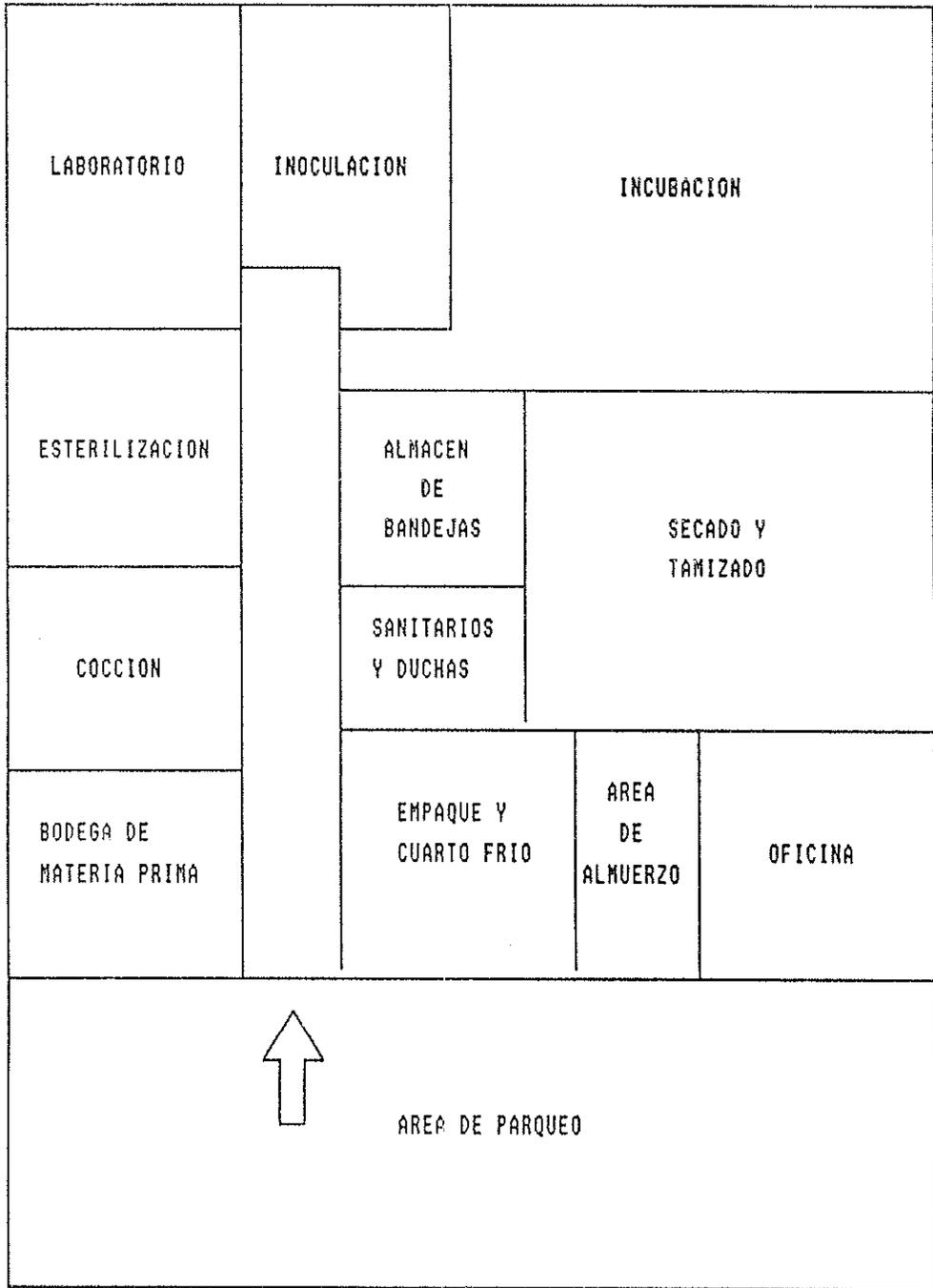
Considerando que el proceso no involucra grandes volúmenes de carga, un área mínima construida de 330 metros cuadrados podría albergar la planta de producción del bioinsecticida, las áreas y temperaturas requeridas por cada sección se presentan en el cuadro No. 9.

CUADRO No. 9
Áreas mínimas y temperaturas requeridas por sección

SECCION	SUPERFICIE (m ²)	TEMPERATURA (°C)
Laboratorio	26	ambiente
Cocción	14	ambiente
Esterilización	16	ambiente
Inoculación	20	ambiente
Incubación	80	26- 28°C
Secado	60	26- 28°C
Empaque y almacenaje	22	ambiente
Almacén de bandejas	14	ambiente
Bodega	14	ambiente
Oficina	22	ambiente
Área de trabajadores	12	ambiente
Sanitarios y duchas	10	ambiente

Debe instalarse, en el área de empaque, un cuarto refrigerado de 10'x8', aproximadamente 18 metros cúbicos de volumen en el cual se almacenará el producto terminado.

La distribución mínima sugerida para facilitar el flujo del proceso, minimizar el manejo de materiales y reducir los costos involucrados con éste, se presenta en la página 23.



DISTRIBUCION DE LA PLANTA DE PRODUCCION

DE UN BIOINSECTICIDA

2.2.1 Características de construcción

A continuación, se presentan algunas sugerencias para la construcción del edificio que albergue el proceso de producción de un bioinsecticida a base del hongo Metarhizium.

- a. Estructura principal: la estructura principal puede estar formada por marcos rígidos de concreto armado o de acero forrado con hormigón y cimentados sobre zapatas individuales de concreto armado.
- b. Paredes: los muros exteriores y los de separación interior pueden ser de ladrillo o bloques de concreto, que no reciben cargas superiores, transmiten su propio peso a la cimentación o a las vigas de la estructura. Los muros interiores deben tener acabados superficiales (repello o algún tipo de recubrimiento) y estar pintados preferentemente de color claro.
- c. Techos: la losa del techo puede ser de hormigón armado, impermeabilizada y preparada para un desagüe pluvial eficiente.
- d. Pisos: se recomienda que las superficies sean antideslizantes.
Dependiendo de su función, los pisos pueden ser:
 - d.1 Cerámicos: se usan dónde no existen cargas pesadas y se requiere resistencia a la corrosión. Este tipo de piso puede emplearse en el área de laboratorio.
 - d.2 Concreto: es adecuado para espacios en donde se requieren pisos de larga duración. El piso de concreto armado debe ser pulido para facilitar la limpieza y desinfección. A excepción del laboratorio, el piso de todas las secciones de la planta puede ser de concreto. El piso de las áreas de cocción y esterilización debe poseer un declive hacia un canal de drenaje, el que debe ser protegido por una rejilla de acero inoxidable.
- e. Puertas y ventanas: se recomienda el uso de puertas y ventanas de metal, cubiertas con pintura anticorrosiva, en todas las secciones de producción.
- f. Otros servicios: en las áreas de laboratorio, cocción y esterilización deben instalarse lavaderos con su respectivo sistema de drenaje. Debe existir conexión de gas propano en el área de cocción. El suministro eléctrico debe ser de 110 y 220 voltios. Deben utilizarse reguladores de voltaje para proteger el

equipo, de fluctuaciones en la energía eléctrica. Los tomacorrientes deben poseer línea de tierra y estar ubicados adecuadamente.

- g. Cuarto refrigerado: debe instalarse un cuarto refrigerado para el almacenaje del producto final, el cual debe mantener la temperatura entre 2-6⁰C, para que el producto conserve su viabilidad. Para el aprovechamiento óptimo del sistema de refrigeración, debe fundirse el piso de dicho cuarto y colocar dos capas de poliuretano u otro material aislante, antes de la capa superficial de cemento, para evitar la transferencia de temperatura.
- h. Temperatura: debe instalarse un sistema de aire acondicionado en las secciones de incubación y secado, para mantener la temperatura al nivel requerido.
- i. Humedad relativa: debe instalarse un deshumidificador de 40 pintas aproximadamente, para mantener estable la humedad relativa en el área de secado.

2.2.2 Iluminación

La iluminación es un factor de gran importancia en cualquier proceso industrial, pues la eficiencia y la facilidad de visión, dependen en condiciones normales de las características cuantitativas y cualitativas de la iluminación en el área de trabajo.

La iluminación de la planta se logrará con la combinación de la fuente natural de iluminación y de fuentes artificiales. Por la naturaleza del proceso, el nivel de iluminación es variable para las distintas secciones de la planta, y depende de la precisión y de los detalles que implica la operación que en cada una de ellas se realiza.

Un aspecto importante, en la planeación de la iluminación de edificios industriales, es la pintura. La pintura de color claro tiene un alto índice de reflexión, de tal manera que un gran porcentaje de la luz que incide en ella se refleja hacia el área de trabajo, al aumentar la intensidad se logra un efecto deseable de difusión.

Con el método de cavidad zonal, se calculó la iluminación requerida en la planta. El tipo de lámpara recomendado es de haz amplio, fluorescente, el número y la potencia requerida se presentan en el Cuadro No. 10.

CUADRO No. 10
Iluminación requerida por sección

Sección	Ilumin. (luxes)	# de lámparas	Potencia (watt)
Bodega	150	2	65
Cocción	300	3	65
Esterilización	300	4	65
Inoculación	300	4	65
Incubación	500	20	65
Secado	300	10	65
Empaque	500	4	65
Laboratorio	500	6	65
Almacén de bandejas	150	2	65
Oficina	500	6	65
Área de trabajadores	150	2	65
Baños	150	2	30
Área de circulación	150	4	40

2.2.3 Ventilación

Los edificios industriales están expuestos a fuentes térmicas, externas e internas, que elevan la temperatura del interior del edificio, por lo que deben tomarse las medidas para conservar la temperatura dentro de los límites adecuados. La ventilación de edificios industriales implica un proceso mediante el cual el aire caliente y viciado del interior es sustituido por aire fresco y limpio del exterior.

Además de utilizar el método natural de ventilación, aprovechando los vientos dominantes de la región, debe utilizarse también ventilación mecánica. Por el tipo de proceso, la ventilación mecánica debe realizarse a baja

velocidad para no provocar turbulencias. En las secciones de incubación y secado, el sistema de aire acondicionado debe ser conectado a baja velocidad.

El tipo de ventilación requerido en cada sección de la planta se muestra en el Cuadro No. 11.

CUADRO No. 11
Tipo de ventilación requerido

VENTILACION NATURAL	VENTILACION ARTIFICIAL
- Inoculación, empaque, almacén de bandejas, bodega, área de trabajadores, sanitarios y duchas, área de circulación	- Oficina, laboratorio, cocción y esterilización (ventiladores de pedestal a baja velocidad) - Incubación y secado (sistema de aire acondicionado a baja velocidad)

CAPITULO III

MATERIALES, EQUIPO Y PROCESO

3.1 Materiales a utilizar

Los materiales, que se utilizan en el proceso de producción del hongo Metarhizium anisopliae, incluyen productos nacionales e importados. Por tratarse de un producto microbiológico, debe enfatizarse en la calidad de los materiales involucrados en el proceso, pues cualquier error puede conducir a problemas de contaminación del producto.

- a. **Bolsas:** las bolsas que se utilizan para la siembra del hongo son de polipropileno, de 22x35x0.10 cm. Las cuales se caracterizan por su resistencia al autoclave y a las rasgaduras. Para almacenar las esporas y sustrato, se utilizan bolsas de polietileno, de 1 Kg. de capacidad.
- b. **Recipientes plásticos:** para el almacenaje del producto final (esporas), deben utilizarse recipientes de polietileno, de 1 Kg. de capacidad, con tapadera hermética para evitar cualquier tipo de contaminación.
- c. **Etiquetas de papel:** sirven para identificar plenamente el producto; en ellas debe ir impresa la información concerniente al producto tal como el peso, composición, indicaciones de uso, precauciones y peligros, etc.. Las etiquetas deberán elaborarse de conformidad a la norma vigente, COGUANOR NGO 44052 "Plaguicidas Rotulados" o a las que se emitan posteriormente. ⁽²⁴⁾
- d. **Alcohol etílico:** este material se utiliza para desinfectar el equipo y superficies de trabajo de las secciones de laboratorio, inoculación, esterilización e incubación principalmente.
- e. **Otros:** en el proceso también se utilizan grapas, papel aluminio, gasa y cinta adhesiva. Estos elementos se utilizan principalmente para cerrar o sellar.

3.1.1 Material biológico

El inóculo del hongo Metarhizium anisopliae puede ser obtenido en centros de investigación; países como Estados Unidos, Brasil, Colombia y Costa Rica podrían proveer el inóculo. Debe tomarse en cuenta que existen diferentes

cepas de éste hongo, por lo que el proveedor debe certificar que tipo de cepa es la que proporciona. La cepa más utilizada es la PL-43 que fue aislada en Brasil.

Si el aislamiento del hongo se realiza del cuerpo de un insecto infectado por una cepa nativa, éste debe efectuarse bajo estrictas condiciones de asepsia y según el procedimiento recomendado para ello. Para evitar contaminación por bacterias, se recomienda agregar estreptomina (500 mg/l) al agar, en el momento en que la temperatura del medio esterilizado se encuentre entre los 40 -50°C; este tratamiento es suficiente para obtener un cultivo puro, libre de cualquier bacteria. (21)

Las cepas nativas deben ser ampliamente investigadas en su patogenicidad, infecciosidad, virulencia y el rango de hospederos, además de las condiciones óptimas bajo las que germina, crece y esporula, antes de iniciarse la producción de la cepa a nivel comercial.

3.1.2 Medios y reactivos

- a. **Medios:** los medios más utilizados en la producción de Metarhizium anisopliae son: Papa-Dextrosa-Agar, conocido comúnmente como PDA y Habas-Dextrosa-Agar; ambos medios facilitan el crecimiento del hongo dentro de tubos de ensayo y cajas petri.

Moura Costa y Magalhaes (1,974) utilizaron harina de arroz verificando buen crecimiento y esporulación del hongo, en medios con concentraciones del 5% de harina de arroz, 1% de agar y agua destilada. Cuando se utiliza harina de arroz como medio de cultivo, para cada cepa del hongo, existe una concentración óptima de arroz para producción de conidios, lo que demuestra una variabilidad genética existente dentro de este género. (19)

- b. **Agua destilada:** es utilizada para la preparación de las suspensiones del hongo, a partir de los cultivos de las pre-matrices y de las matrices.
- c. **Tween 80:** es utilizado al 0.02 ó 0.05% de concentración en suspensión con agua destilada, ya que actúa como surfactante. (21)

3.1.3 Sustrato

Cada organismo tiene sus propios requerimientos particulares en tipo de sustrato y nutrientes, los esfuerzos para producción masiva deben ser diseñados

individualmente para cada organismo; éste es uno de los factores para obtener una producción óptima.

Los medios utilizados en la producción en gran escala son generalmente oligídicos. (6)

Los hongos entomopatógenos requieren oxígeno, agua, una fuente orgánica de carbón, una fuente de nitrógeno orgánico o inorgánico y elementos adicionales tales como minerales. La fuente de carbón es usualmente dextrosa, que puede ser reemplazada por polisacáridos (almidón) o lípidos. El nitrógeno puede ser administrado en forma de nitrato, amonio o componentes orgánicos tales como los aminoácidos o proteínas.

El medio de cultivo utilizado se combina con un medio ambiente adecuado para el crecimiento y esporulación. Metarhizium anisopliae no muestra requerimientos especiales por carbohidratos (trabaja en forma similar con glucosa, levulosa, aravinosa, galactosa, sacarosa, inulina y glicerina), y aprovecha ambas fuentes de nitrógeno, orgánico e inorgánico.

Existe un gran interés por encontrar medios de cultivo para la producción de M. anisopliae, de fácil preparación, de bajo costo y que ofrezcan altos niveles de concentración de esporas.

Para producir M. anisopliae, se han probado los sustratos siguientes: arroz entero, arroz bruñido, arroz quebrado, maíz quebrado variedades Azteca y Nutrimais, soya quebrada, mandioca, salvado de trigo, germen de trigo, salvado de soya, papa y frijol. También se han usado medios más costosos como Sabouraud-dextrosa-agar. (16, 19)

En el medio de arroz entero cocido, se produce gran cantidad de esporas, no sólo en la superficie sino también en los intersticios entre granos; este medio ofrece, por tanto, una mayor área de desarrollo del hongo y consecuentemente hay mayor cantidad de esporas. Aunque la necesidad de investigar otros medios naturales de cultivo se debe principalmente al alto costo de la materia prima, ya que debe usarse arroz de grano entero y de buena calidad, para obtener un alto rendimiento en la producción de esporas.

Se realizó una investigación para comparar la economía y efectividad de los medios de cultivo de arroz entero y frijol cocido y molido, para producir el hongo; se reportaron los siguientes resultados: a) la esporulación por gramo de granos fue seis veces mayor en frijol molido que el obtenido en el medio de arroz; b) la producción

por unidad en medio de arroz fue tres veces mayor que el observado en frijol molido; c) el tiempo de crecimiento y esporulación del hongo en el medio de arroz fue de 17 días, mayor tiempo que los 10 días que requirió el medio de frijol. (15)

En Brasil, se han realizado estudios con medios de cultivo líquidos, se busca la productividad de esos medios en términos de esporulación del hongo y la posibilidad de reducir costos de producción. Se ha estudiado el crecimiento y esporulación del hongo en medios líquidos a base de caldo de frijol, caldo de arroz y caldo de papa. Los factores considerados en este estudio fueron: la diseminación del hongo en el medio de cultivo, aspecto general de la esporulación del hongo, consumo del medio, peso de la masa del hongo (esporas y micelio) y concentración de esporas. El análisis estadístico de los datos mostraron que el caldo de frijol fue el mejor medio para esporulación, seguido del caldo de arroz. La esporulación del hongo y la cantidad de esporas producidas fueron los parámetros más importantes considerados para la eficiencia del medio. (14)

En medios líquidos, existe un problema, debido a que M. anisopliae tiene altas producciones de blastoesporas más que de conidias. Las blastoesporas son muy sensibles al secado, menos persistentes en el medio ambiente y menos infecciosas que las conidias. (10, 21)

Daoust y Robert (1,983) utilizaron seis tipos diferentes de medios micológicos y tres tipos de arroz, y concluyeron que para producción de esporas, el medio de arroz fue el que produjo mejores resultados y más económicos, comparado con los medios más complejos. (19)

3.2 Descripción del equipo

El equipo básico requerido para la producción del hongo Metarhizium anisopliae es el siguiente:

- a. **Equipo de laboratorio**
 - 1 Cámara de transferencia
 - 1 Horno eléctrico
 - 1 Incubadora
 - 1 Autoclave de 25 lts.
 - 1 Estufa de gas propano, de un quemador
 - 1 Microscopio
 - 1 Estereoscopio
 - 1 Refrigerador
 - 1 Cámara de New bauer

- 1 Cronómetro
- 1 Termómetro
- 1 Agitador
- 1 Balanza

Cristalería: cajas petri, tubos de ensayo, frascos de vidrio de 1 litro de capacidad, erlenmeyers, buretas, embudos, porta objetos.

Otros: laminillas, cubreobjetos, jeringas hipodérmicas, porta tubos, tijeras.

b. Equipo de cocción

- 1 Estufa industrial de gas propano, de dos quemadores
- 2 Ollas de aluminio o peltre de 50 litros de capacidad
- 2 Cedazos para escurrir
- 4 Cubetas de plástico
- 1 Cronómetro
- 1 Termómetro

c. Equipo de esterilización

- 3 Autoclaves de 42 lts. de capacidad
- 1 Estufa industrial de gas propano, de dos quemadores
- 1 Mesa con superficie de formica
- 1 Engrapadora y grapas
- 1 Carretilla
- 4 Cucharones plásticos
- 4 Medidores plásticos de 180 gr. de capacidad

d. Equipo de inoculación

- 1 Mesa con superficie de formica
- 2 Estanterías de 3.0 m de largo por 0.9 m. de ancho por 2.0 m de altura.
- 1 Escalerilla de aluminio
- Jeringas hipodérmicas

e. Equipo de incubación

- 8 Estanterías de 3.5 m de largo por 0.9 m de ancho por 2.0 m de altura.
- 2 Sistemas de aire acondicionado de 18,000 BTU, tipo ventana
- 100 Bandejas plásticas
- 2 Cubetas plásticas
- 1 Escalerilla de aluminio
- 2 Tijeras
- 1 Carretilla

f. Equipo de secado

- 2 Sistemas de aire acondicionado de 18,000 BTU, tipo ventana
- 1 Deshumidificador de 40 pintas
- 50 Cajillas plásticas

- 2 Tijeras
 - 2 Cucharones plásticos
 - 2 Cubetas o recipientes plásticos
 - 1 Tamizador mecánico
 - 1 Mesa con superficie de formica
 - 1 Carretilla
- g. Equipo de empaque**
- 1 Mesa con superficie de formica
 - 1 Balanza
 - 2 Cucharones plásticos
 - 2 Cubetas o recipientes plásticos
 - 1 Sellador con cinta adhesiva
 - 1 Etiquetador
- h. Equipo para bodega de materia prima**
- 1 Estantería de 2.0 m de largo x 0.90 m de ancho x 2.0 m de altura
 - 2 Tarimas de madera
 - 1 Balanza
 - 1 Tijera
 - 1 Calculadora
 - 1 Carretilla
- i. Equipo para almacenaje de producto terminado**
- 1 Cuarto refrigerado, desarmable de 10x8 pies, con revestimiento de Duro-port y de lámina corrugada. Termostato, termómetro, presostato de alta y baja presión, tubería de cobre, accesorios de bronce, tubería aislante y refrigerante 12.
 - 1 Unidad condensadora de 1 Hp.
 - 1 Evaporador para una unidad de 1 Hp.
 - 1 Estantería para colocar el producto dentro del cuarto refrigerado.

3.3 Descripción del proceso en base a la investigación experimental

Para comprobar la hipótesis planteada, fue necesario realizar una investigación experimental. Esta investigación tuvo como objetivo establecer el procedimiento óptimo requerido para la multiplicación masiva de conidias del hongo M. anisopliae.

En el inciso I, se describen los materiales y métodos utilizados en la investigación. El método propuesto para la producción de conidias se describe en el inciso II. Las conclusiones y recomendaciones resultado del trabajo se presentan en los incisos III y IV respectivamente.

A continuación, se presenta una síntesis de la investigación experimental realizada.

I. Materiales y métodos

i. Localización

El trabajo se realizó en el laboratorio integral de protección agrícola, del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola (ICTA), ubicado en el municipio de Olinstepeque, departamento de Quetzaltenango, cuyas condiciones ecológicas son:

Latitud norte	14 ⁰ 52'10''
Longitud oeste	91 ⁰ 30'50''
Elevación	2,440 msnm
Precipitación media anual	850 mm
Temperatura media anual	16 ⁰ C.

ii. Equipo de laboratorio

El equipo utilizado fue el siguiente:

- 1 Cámara de transferencia
- 1 Horno eléctrico
- 1 Incubadora eléctrica
- 1 Cámara de incubación con iluminación
- 1 Autoclave
- 1 Estufa eléctrica
- 1 Cronómetro
- 1 Termómetro
- 1 Microscopio
- 1 Estereoscopio
- 1 Cámara de New bauer

Cristalería: tubos de ensayo, cajas petri, erlenmeyers, frascos de vidrio de 1 litro de capacidad.

Otros: laminillas, cubreobjetos, tamices, cedazos, cubetas de plástico, olla de aluminio.

iii. Equipo de protección

- Mascarilla
- Guantes
- Bata

iv. Materiales

- Papa
- Agar
- Habas
- Dextrosa
- Arroz
- Alcohol etílico
- Agua destilada
- Toallas de papel
- Bolsas de polipropileno
- Grapas
- Papel aluminio, gasa y cinta adhesiva.

v. **Metodología de la investigación**

- a. Disponibilidad de insectos infectados con Metarhizium.
- b. Aislamiento en cajas petri: utilizando un medio de papa-dextrosa-agar o habas-dextrosa-agar en cajas petri, se hizo el aislamiento monospórico; de no ser posible, se hacen toques con el asa sobre el insecto y posteriormente toques sobre el medio de cultivo.
- c. Paso a tubos de ensayo: se efectuó tocando la colonia esporulada en la caja petri y rayando sobre el medio de cultivo en el tubo.
- d. Paso a matrices: a partir de los tubos de ensayo, se preparó una suspensión de conidias; ésta sirvió para la siembra de matrices. Se aplicó entre 15-20 cc por matriz. Se usó arroz precocido (tiempo de cocción: 4 minutos).
- e. Siembra a bolsas: a partir de las matrices se preparó una suspensión de conidias. Se inocularon las bolsas, que contenían arroz precocido, con 15-20 cc cada una, se homogenizaron y se incubaron más o menos por 18 días a 24 -26°C en ambiente con iluminación constante.
- f. Paso a bandejas de secamiento: después de 18 días de incubación, las bolsas con el sustrato cubierto de conidias se vaciaron en bandejas, para el secado en un ambiente separado, que se mantuvo a una temperatura de 24 -26°C.
- g. Separación de conidias: luego del secado, se pasó la combinación sustrato-conidias a través de tamices para separar las conidias del sustrato.

vi. **Control de calidad**

El control de calidad consistió en lo siguiente:

- a. Control de calidad de materia prima y materiales: se verificó la calidad del arroz que se empleó como sustrato, el buen estado del agar, dextrosa, papas y habas. También se inspeccionó la calidad de las bolsas requeridas para la siembra del hongo.
- b. Control de calidad en el proceso: se inspeccionó que el equipo y la cristalería estuvieran limpios y esterilizados. Se verificó que el aislamiento del

hongo estuviera libre de contaminación. Cada una de las etapas del proceso fueron inspeccionadas, enfatizando en la asepsia con que deben realizarse. Se inspeccionaron las bolsas en período de incubación, para detectar cualquier tipo de contaminación. Se inspeccionó el secado y el proceso de separación de las conidias.

- c. Control de calidad del producto final: se realizó un conteo de conidias, utilizando la cámara de New bauer; además se realizaron pruebas de viabilidad de las esporas.

vii. Datos tomados

Durante el estudio se tomaron los datos siguientes:

- a. Tiempo de cocción del arroz para sustrato.
- b. Temperatura de la cámara de incubación.
- c. Días transcurridos del aislamiento en cajas petri y desarrollo y esporulación del hongo en tubos.
- d. Temperatura del ambiente de la cámara de incubación para el desarrollo del hongo.
- e. Cantidad de conidias puras obtenidas.

II. Discusión de resultados

De acuerdo con la investigación, se determinó que la multiplicación del hongo Metarhizium anisopliae es posible siguiendo el método planteado, aunque deben hacerse algunos cambios para lograr la eficiencia; tales cambios son el resultado de observaciones y repetición. El método para el aislamiento y multiplicación es el siguiente:

- a. **Obtención de inmaduros sanos**
Colectar inmaduros en campos sin historial de aplicación de Metarhizium anisopliae.
- b. **Inoculación de inmaduros de insectos**
Con la cepa del hongo, aplicar por aspersión a inmaduros con una concentración de 1×10^8 conidias por cc de agua estéril.
- c. **Insectos para aislamiento**
Los insectos infectados con el hongo, deben colocarse en cámara húmeda para facilitar el

desarrollo del micelio y conidias.

- d. Aislamiento en cajas petri**
El medio efectivo para el aislamiento es a base de agar-dextrosa-habas, esterilizado en autoclave a 18 libras de presión y 115⁰C, por 20 minutos.
- e. Incubación en cajas petri**
Las cajas petri, que contienen el aislamiento del hongo, deben mantenerse en la cámara de incubación con una temperatura de 26 - 28⁰C y luz continua.
- f. Aislamiento en tubos de ensayo**
Se efectúa tocando la colonia esporulada en la caja petri y luego rayando sobre el medio de cultivo en tubos, los que se mantienen en posición inclinada en la cámara de incubación.
- g. Preparación de matrices**
A partir de las colonias de los tubos de ensayo, se prepara una suspensión de conidias con agua estéril. Se aplican 10 cc de la suspensión de conidias a cada frasco de vidrio o bolsa plástica, que contiene 100 gramos de arroz precocido y esterilizado. Se mantiene el sustrato inoculado en la cámara de incubación para el desarrollo del hongo.
- h. Siembra de bolsas**
A partir de las matrices, se prepara una suspensión de conidias. Se inoculan las bolsas que contienen el sustrato de arroz precocido esterilizado, se aplican 10-15 cc de suspensión por cada bolsa, se homogenizan y mantienen en incubación por 14 - 15 días a 26 - 28⁰C. La cámara de incubación debe mantenerse con luz continua.
- i. Secamiento de bandejas**
El sustrato es incubado por 15 días. Las bolsas con el sustrato cubierto de conidias se mantienen en bandejas para el secado, las cuales se colocan en una cámara separada a una temperatura de 26⁰C, con iluminación, por un período de 6 - 8 días.
- j. Obtención de conidias**
La combinación de sustrato-conidias, posterior al período de secado, se pasa por un tamiz para separar las conidias. Las conidias colectadas se guardan en bolsas plásticas, las que se mantienen en refrigeración a temperatura de 4⁰C; se debe evitar la exposición a la humedad del ambiente.

III. Conclusiones de la investigación experimental

- i. Es posible el aislamiento y multiplicación del hongo Metarhizium anisopliae a partir de inmaduros de insectos infectados por el hongo; el aislamiento debe hacerse en cajas petri utilizando un medio a base de Agar-Dextrosa-Habas.
- ii. Es útil hacer aislamientos en tubos con medio Agar-Dextrosa-Habas, para hacer suspensión de conidias en agua estéril.
- iii. Es práctico preparar matrices a base de arroz precocido estéril, inoculado con una suspensión de conidias del hongo, para la multiplicación a un mayor número de bolsas que contienen sustrato.
- iv. Se determinó que la temperatura de 26-28⁰C es efectiva para proporcionar condiciones óptimas para el desarrollo del hongo Metarhizium anisopliae.
- v. La cámara de incubación debe estar bien iluminada durante todo el proceso del desarrollo del hongo.
- vi. Las conidias se conservan a temperaturas entre 2 - 6⁰C, durante un período de cuatro a seis meses, almacenados en recipientes plásticos cerrados herméticamente.

IV. Recomendaciones

- i. Es conveniente investigar, cultivar y propagar solamente un microorganismo en el laboratorio, para evitar problemas de contaminación.
- ii. Para fines prácticos y económicos, es mejor realizar la producción del hongo en la zona cálida del país; bajo estas condiciones se evitarán gastos por calefacción.
- iii. La distribución comercial del producto debe hacerse en dos presentaciones: conidias puras y sustrato-conidias, debido a que este último contiene entre un 10-15% de esporas después del tamizado.

3.4 Método propuesto para la producción masiva de conidias

Los resultados obtenidos de la investigación experimental sirvieron de base para proponer la metodología del proceso

para la producción masiva del hongo M. anisopliae. El método involucra una fase de laboratorio y la fase de multiplicación del hongo, las cuales se presentan a continuación.

I. Fase de laboratorio.

La preparación del aislamiento, las prematrices y matrices se realizan según la metodología empleada en la investigación experimental.

II. Fase de multiplicación

- a. **Cocción:** se lleva a ebullición el arroz en agua por cuatro minutos, luego se vierte en un tamiz para para eliminar el agua.
- b. **Esterilización:** en bolsas de polipropileno, se colocan 180 gr. de arroz precocido, se cierran las bolsas engrapándolas y se pasan al autoclave para esterilizarlas a 121-125⁰C y 15 psi por 20-25 min. Las bolsas se dejan enfriar y se trasladan al área de inoculación.
- c. **Inoculación:** con una jeringa, se inyectan 16 cc de suspensión a cada bolsa, sobre el sustrato. Se colocan las bolsas en los estantes asignados y se mantienen en obscuridad por 2 días para estimular la germinación. A partir del tercer día, se realiza manualmente el rompimiento de grumos de cada bolsa y luego se trasladan a la sala de incubación.
- d. **Incubación:** las bolsas se colocan en los estantes asignados, en donde permanecen entre 12-15 días, a 26⁰C, humedad relativa del 60 al 80% e iluminación constante. A los 10 días de incubación, se realiza el segundo rompimiento de los grumos para ayudar al mejor desarrollo del hongo, a continuación se hace un pequeño corte en una de las esquinas inferiores de la bolsa, para drenar el agua que ésta pueda contener. Debe verificarse el nivel de desarrollo del hongo antes de autorizar su traslado al área de secado. Transcurrido el tiempo de incubación, se trasladan las bolsas al área de secado.
- e. **Secado:** las bolsas se rompen y el contenido se vacía en bandejas plásticas. Las bandejas se apilan y permanecen así por 5-7 días, a 24-26⁰C y humedad relativa del 60 al 80%. Debe verificarse el grado de secamiento del producto antes de autorizar el tamizado. Las esporas son separadas del sustrato, en un tamizador mecánico y se

depositan en cubetas, las que se transportan a la sección de empaque. El sustrato después del tamizado, se traslada al área de empaque.

- f. **Empaque:** se pesan las esporas, en cantidad de 1 Kg. y se envasan en recipientes de polietileno con tapadera hermética. Se sellan las tapaderas con cinta adhesiva y se etiquetan. El sustrato se pesa y envasa en bolsas de polietileno, las que se sellan y etiquetan. El producto se traslada al cuarto de almacenamiento.
- g. **Almacenamiento:** el producto en sus dos presentaciones se mantiene en el cuarto refrigerado a 4-6⁰C por un máximo de 6 meses.

3.5 Diagrama de operaciones del proceso

El Diagrama de Operaciones del Proceso (DOP) es una herramienta útil que muestra de manera gráfica la secuencia que siguen las actividades (operaciones e inspecciones) en el proceso, la materia prima y los materiales que se integran al mismo y los tiempos requeridos por cada actividad realizada.

El DOP de producción de conidias del hongo se presenta en la página 41.

3.6 Distribución en planta

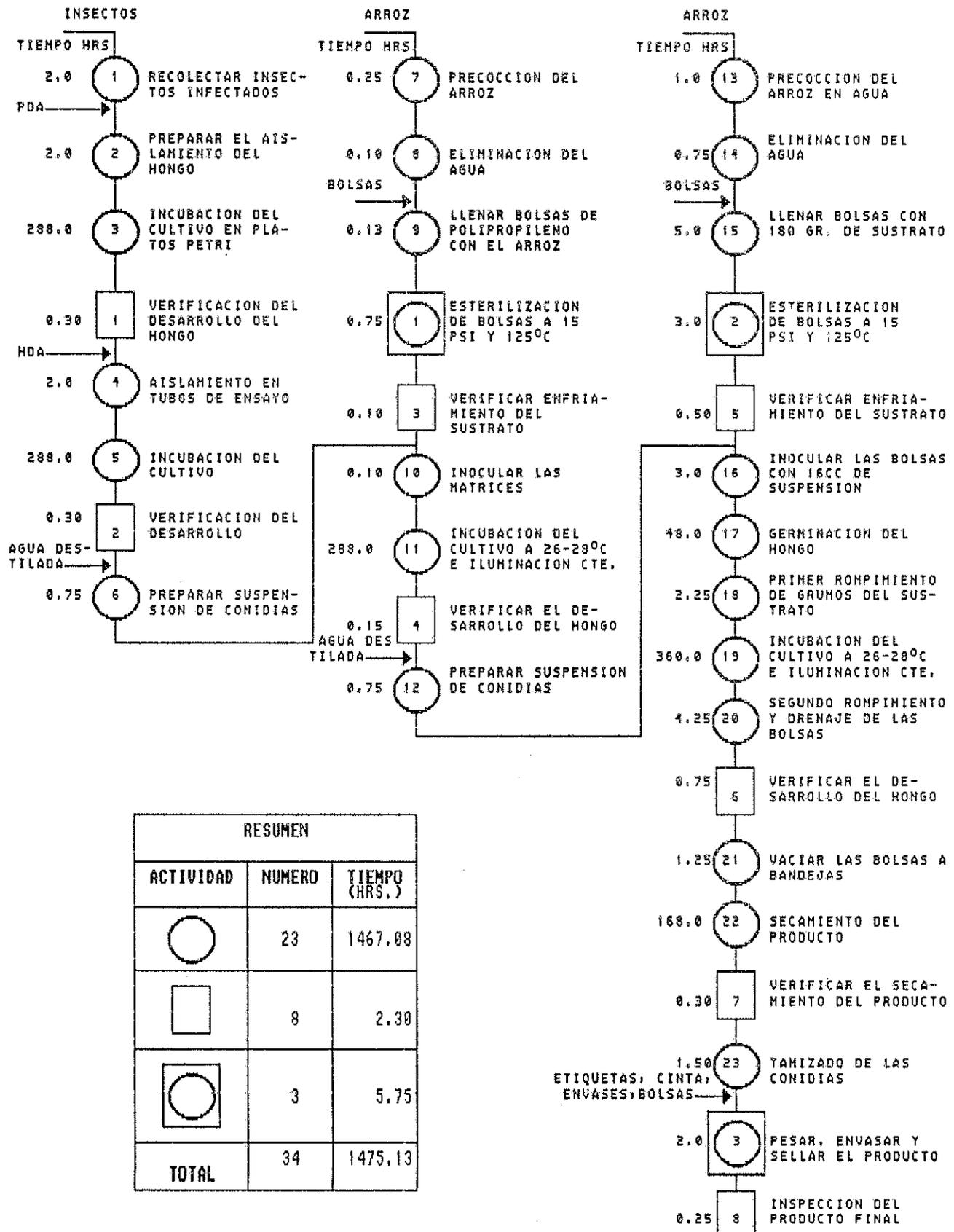
La distribución en planta o Layout determina la ubicación de los departamentos, estaciones de trabajo y máquinas en un proceso. Su objetivo es que el producto fluya de manera óptima a través de la planta de producción. La distribución en planta depende del tipo de proceso de transformación.

El proceso de producción de un bioinsecticida a base del hongo Metarhizium anisopliae se cataloga como un proceso continuo, debido a que sus insumos, operaciones, tiempos de producción y productos son relativamente fijos.

Por tratarse de un proceso microbiológico que involucra operaciones que necesitan niveles específicos de temperatura, humedad relativa, iluminación y ventilación, la planta debe estar dividida en secciones, para cumplir con las condiciones requeridas por el proceso en cada etapa del mismo.

Utilizando la información proporcionada por el diagrama de operaciones del proceso, se propone la distribución de la planta que se presenta en la página 42.

**DIAGRAMA DE OPERACIONES DEL PROCESO DE PRODUCCION DE CONIDIAS
DEL HONGO METARHIZIUM ANISOPLIAE**



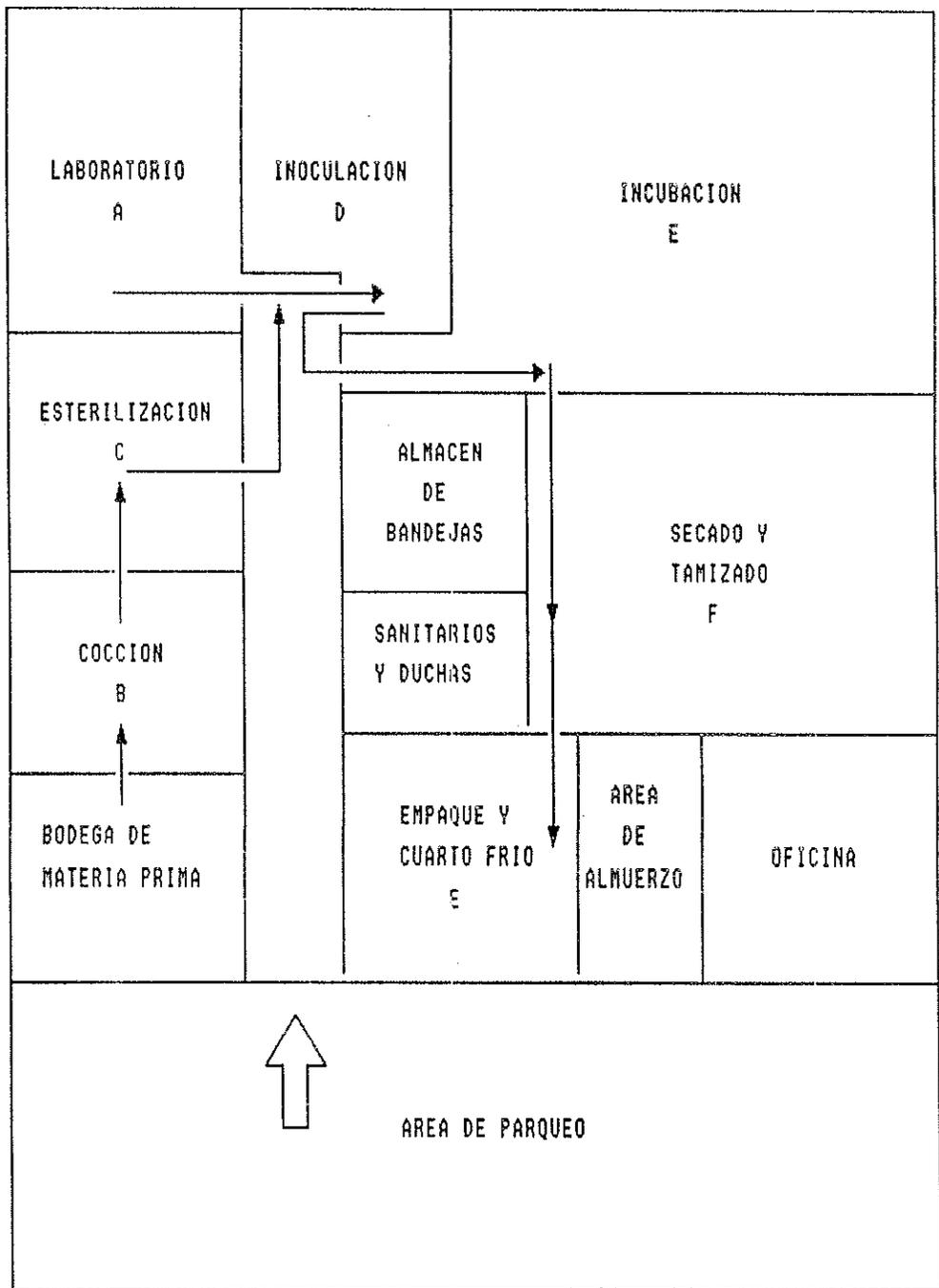


DIAGRAMA DE LA DISTRIBUCION DEL PROCESO

En las secciones del diagrama, se realizan las actividades que se resumen en el cuadro No. 12.

CUADRO No. 12
Actividades a realizar en cada sección

	SECCION	OPERACION No.	INSPECCION No.	OPERACION/INSPECCION No.
A	Laboratorio	1 a 12	1 a 4	1
B	Cocción	13 a 14		
C	Esterilización	15	5	2
D	Inoculación	16 a 18		
E	Incubación	19 a 20	6	
F	Secado	21 a 23	7	
G	Empaque		8	3

3.7 Manejo de materiales

El manejo de materiales involucra el movimiento, almacenaje y rastreo del material.

El proceso de producción de un bioinsecticida requiere condiciones de asepsia; el manejo de materiales se constituye en un punto clave para evitar la contaminación del producto, provocada por la manipulación y almacenaje inadecuados.

El manejo de materiales en la planta se realiza en forma manual. Para el traslado del producto de una sección a otra, se utilizan carretillas (estantes de metal, de 3 niveles, del tipo de las usadas en hospitales) y bandejas plásticas.

A continuación, se detalla la forma en que se realiza el manejo de materiales en las diferentes secciones de la planta.

a. Bodega de materia prima

La bodega debe proveer semanalmente 6 quintales de arroz. Los sacos de arroz deben apilarse sobre tarimas de madera y no debe almacenarse por más de tres meses para evitar que pierda su calidad. Los materiales e insumos deben estar almacenados en estantes adecuados y plenamente identificados. El encargado de bodega debe manipular y trasladar en carretilla al área de cocción un quintal de arroz (45.4 kilogramos), diariamente y los materiales requeridos para procesar un lote.

b. Cocción

Los asistentes de producción vierten aproximadamente 50

libras de arroz en una olla y lo llevan a ebullición, retiran el arroz de la estufa y lo vierten en un cedazo para eliminar el exceso de agua. El arroz se vacía en recipientes plásticos (cubetas ó bandejas) y se traslada al área de esterilización.

c. Esterilización

Los asistentes de producción se encargan de llenar las bolsas de polipropileno con arroz; para ello, utilizan medidores con capacidad de 180 gramos, luego deben doblar el extremo superior de la bolsa y engraparla. Las bolsas se trasladan en bandejas al autoclave y se acomodan en ella. Cuando la temperatura ha bajado, después de la esterilización, se descarga el autoclave y las bolsas esterilizadas se colocan en una carretilla para ser trasladadas al área de inoculación.

d. Inoculación

El asistente de producción sostiene la bolsa y con una jeringa inyecta el sustrato, luego traslada las bolsas a los estantes asignados. La primera ruptura se realiza manualmente, deshaciendo cuidadosamente los grumos que presenta el sustrato en cada bolsa. Transcurridos dos días, las bolsas se trasladan en una carretilla al área de incubación.

e. Incubación

Las bolsas son colocadas en los estantes asignados. El asistente de producción realiza la segunda ruptura de cada bolsa y con unas tijeras realiza un pequeño corte en la bolsa y la inclina hacia una cubeta para drenar el agua acumulada. La bolsa se coloca de nuevo en el estante. Después del período de incubación, las bolsas se trasladan en carretillas al área de secado.

f. Secado

Las bolsas se cortan con tijeras y su contenido se vacía a bandejas plásticas (10 bolsas por bandeja), se deben deshacer manualmente los grumos o terrones. Las bandejas son apiladas en número de 5 a 7 y después de transcurrido el tiempo necesario, se trasladan al tamizador en donde se vacía el contenido de éstas. Las esporas tamizadas se trasladan en cubetas plásticas al área de empaque, al igual que el sustrato después de pasar por el tamizador.

g. Empaque

Utilizando cucharones, las esporas son vertidas y pesadas en la balanza, después se vacían en recipientes, los que son sellados y etiquetados. El sustrato también es empacado en bolsas, pesado, sellado y etiquetado. Las bolsas y los recipientes de producto se trasladan en carretilla al área de almacenamiento.

h. Almacenaje de producto terminado.

En el cuarto refrigerado, los recipientes y bolsas de producto deben apilarse en el sector asignado en la estantería. El producto no debe almacenarse por más de 6 meses para que no pierda su viabilidad.

Las bolsas de un lote de producción deben colocarse juntas en la estantería asignada, para evitar confusiones. Para identificar un lote en las áreas de inoculación, incubación y secado, deben utilizarse etiquetas que penden de los estantes asignados o de las bandejas. Las etiquetas deberán identificar con claridad las fechas de inoculación, de traslado a incubación y de traslado a secado, para que la verificación del tiempo de completación de las operaciones se facilite. Cada lote debe llevar una hoja de control.

3.8 Control de producción

El control de producción involucra la programación y el control de las actividades diarias en la planta de producción. Para facilitar el control y la planeación de la producción, es necesario que el jefe de planta y el supervisor posean la información sugerida en el cuadro No. 13.

CUADRO No. 13
Factores para la planeación y control de la producción

Factores externos	Factores internos
Demanda del mercado	Capacidad física actual
Disponibilidad de materia prima	Recurso humano actual
Comportamiento de la competencia	Nivel de inventario
Condiciones económicas	Actividades requeridas por producción

La producción del hongo M. anisopliae es un proceso continuo, ya que a cada lote se le aplica la misma serie de operaciones que al anterior. Es un proceso biológico con ciclo de producción largo, que depende de las condiciones ambientales.

La producción de Metarhizium anisopliae involucra dos fases; el ciclo total de producción para un lote de 250 bolsas de sustrato de 180 gr. cada una, es de 1475.98 horas.

La fase de laboratorio requiere un tiempo de ciclo de 873.68 horas. En esta fase, se produce la semilla del hongo (inoculo), para iniciar la producción. Por lo largo del ciclo, es necesario que el laboratorio inicie su actividad antes que

el resto de la planta. La fase de laboratorio es responsabilidad del encargado de laboratorio. Esta persona debe programar la producción del inóculo y proporcionar la cantidad de suspensión de esporas (aproximadamente 4 lts.) para inocular un lote de sustrato.

La fase de multiplicación requiere un tiempo de ciclo de 602.30 horas y es completamente dependiente de la fase de laboratorio.

En este proceso, se requieren operaciones en las cuales la transformación ocurre exclusivamente por la intervención de la naturaleza y de las condiciones abióticas existentes, tal es el caso de las operaciones de germinación e incubación, que involucran tiempos de ciclo relativamente constantes y para este proceso específico, significativamente largos. Las actividades requeridas, los tiempos de duración y los responsables de realizarlas se resumen en el cuadro No. 14.

Los tiempos constantes en el proceso, se refieren a que se requiere el mismo tiempo para germinación e incubación de 1 bolsa o de 1000 bolsas, ya que estas operaciones dependen de los factores abióticos del ambiente.

A continuación, se propone un modelo de hoja de control.

Hoja de Control de Producción del hongo Metarhizium anisopliae

Area: Producción

Cepa:

Lote:

Actividad	Inicio	Final	Cantidad	Responsable	Observaciones
Cocción					
Llenar bolsas					
Esterilización					
Inoculación					
Ruptura 1					
Incubación					
Ruptura 2 y drenaje					
Secado					
Tamizado					
Empaque					
Almacenaje					

Cuadro No. 14
Actividades requeridas, tiempos y personal responsable

ACTIVIDAD	No.	TAREA	tiempo hrs	RESPONSABLE
OPERACION	1	Recolectar insectos	2	Laboratorista
OPERACION	2	Preparar aislamiento	2	Laboratorista
OPERACION	3	Incubación del cultivo	288	Laboratorista
INSPECCION	1	Verificar desarrollo	0,3	Laboratorista
OPERACION	4	Aislar en tubos	2	Laboratorista
OPERACION	5	Incubación del cultivo	288	Laboratorista
INSPECCION	2	Verificar desarrollo	0,3	Laboratorista
OPERACION	6	Preparar suspensión	0,75	Laboratorista
OPERACION	7	Precocción del arroz	0,25	Laboratorista
OPERACION	8	Eliminación de agua	0,1	Laboratorista
OPERACION	9	Llenar bolsas	0,13	Laboratorista
OPER/INSP	1	Esterilización	0,75	Laboratorista
INSPECCION	3	inspec. esterilización	0,1	Laboratorista
OPERACION	10	Inocular matriz	0,1	Laboratorista
OPERACION	11	Incubación	288	Laboratorista
INSPECCION	4	Verificar desarrollo	0,15	Laboratorista
OPERACION	12	Preparar suspensión	0,75	Laboratorista
OPERACION	13	Precocción del arroz	1	Asistente de Prod.
OPERACION	14	Eliminación de agua	0,75	Asistente de Prod.
OPERACION	15	Llenar bolsas	5	Asistente de Prod.
OPER/INSP	2	Esterilización	3	Asistente de Prod.
INSPECCION	5	Inspección esterilización	5	Supervisor
OPERACION	16	Inocular bolsas	3	Asistente de Prod.
OPERACION	17	Germinación	48	Asistente de Prod.
OPERACION	18	Ruptura 1	2,25	Asistente de Prod.
OPERACION	19	Incubación	360	Asistente de Prod.
OPERACION	20	Ruptura 2 y drenaje	4,25	Asistente de Prod.
INSPECCION	6	Verificar desarrollo	0,75	Supervisor
OPERACION	21	Vaciar a bandejas	1,25	Asistente de Prod.
OPERACION	22	Secamiento	168	Asistente de Prod.
INSPECCION	7	Verificar secado	0,3	Supervisor
OPERACION	23	Tamizar esporas	1,5	Asistente de Prod.
OPER/INSP	3	Pesar, envasar y sellar	2	Asistente de Prod.
INSPECCION	8	Inspección prod. final	0,25	Supervisor

3.9 Control de calidad

La calidad es el conjunto de propiedades y características de un producto, que le confieren la aptitud para satisfacer necesidades expresas o implícitas. Toda empresa de bienes o servicios debe poner el máximo de su esfuerzo para alcanzar la calidad como objetivo y eliminar al máximo los defectos y fallas que provocan gastos por corrección.

La obtención de la calidad requiere de la participación y compromiso de todos los miembros de la organización. Para iniciar el proceso de implementación de un sistema de calidad, debe existir el firme compromiso de la gerencia, de generar y llevar a cabo una política de calidad, la cual debe expresarse formalmente para que oriente y dé los objetivos generales de la organización, en relación con la calidad.

La Calidad Total se define como la administración de la calidad a través de toda la organización, desde la recepción de materia prima, en el proceso, en el producto final y en la distribución, y reconoce que la calidad es definida por el cliente.

La administración de la calidad total debe basarse en los fundamentos filosóficos siguientes:

- a. **El cliente establece los estándares de calidad:** esto significa que la percepción de calidad del cliente hacia el producto, debe ser tomada en cuenta al fijar los niveles aceptables de calidad.
- b. **Cadena proveedor-consumidor:** se refiere a la idea, de que todos tienen un cliente, con requerimientos de calidad específicos, respecto al producto que se provee. Los clientes pueden ser internos y externos.
- c. **Orientación a la prevención:** se basa en que la prevención resulta más barata que la corrección. Uno de los postulados es "hacer bien las cosas desde la primera vez"; esto promueve un constante y consciente deseo de hacer bien un trabajo desde el primer intento, evitando el reproceso. El costo de prevención es la suma de los costos para prevenir defectos, al identificar la causa e implementar acciones correctivas.
- d. **Fuente de calidad:** significa que cada trabajador es un inspector de la calidad de su trabajo. Esto requiere un cambio en el rol del Departamento de Control de Calidad, pues pasa a ser un proveedor de asistencia técnica, en el diseño de métodos y herramientas para prevenir defectos, para que posteriormente todos sean responsables de la calidad.

- e. **Mejoramiento continuo:** es el esfuerzo de hacer mejoras siempre, en cada parte de la organización, tendentes a proveer al cliente un producto de calidad.

3.9.1 Herramientas de la Calidad Total

Las herramientas genéricas, que ayudan a cumplir la misión de calidad en una organización, son:

- a. **Diagrama de flujo del proceso:** es una manera gráfica de representar la secuencia de operaciones, inspecciones, demoras, almacenamientos y traslados requeridos por un proceso y los tiempos involucrados por tales actividades.
- b. **Análisis de Pareto:** es un método para identificar, clasificar y trabajar permanentemente, eliminando defectos. Enfoca una importante fuente de error, según el supuesto de que el 80% de los problemas, son debidos al 20% de las causas.
- c. **Diagrama de causa y efecto:** utiliza una descripción gráfica de los elementos del proceso, para analizar la fuente potencial de variación, es decir, las causas de resultados no deseados.
- d. **Hoja de control:** es una forma impresa, en la que los aspectos que van a ser controlados están especificados, para que la información pueda ser recogida con facilidad y los datos estén ordenados, para tomar decisiones en el momento oportuno.
- e. **Histogramas:** es una distribución que muestra la frecuencia de ocurrencia de las variaciones, entre los rangos de información más altos y más bajos.
- f. **Diagrama de dispersión:** conocido también como gráfico de correlación, representa la relación y dependencia de dos variables. Las dos variables con las que se puede trabajar son: i) una calidad característica y un factor que la afecta; ii) dos calidades características relacionadas entre sí, y iii) dos factores relacionados con una misma característica de calidad.
- g. **Gráfico de control:** es una representación gráfica de secuencia en el tiempo, muestra los valores obtenidos dentro de un proceso. El gráfico consiste en una línea central y un par de límites, ubicados por encima y por debajo de la línea central, de acuerdo con las tolerancias establecidas. Los valores obtenidos del proceso se plotean según les corresponde, dentro o fuera de los límites. Si todos los valores se ubican dentro de

los límites de control, sin ninguna tendencia, se considera que el proceso se halla bajo control. Si los valores aparecen fuera de los límites ó adoptan una forma peculiar, el proceso es considerado fuera de control.

3.9.2 Puntos claves del control del proceso

Los puntos claves que se deben controlar en el proceso de producción del bioinsecticida, son:

- a. **Materia prima y materiales:** de la calidad de éstos, depende el nivel de probabilidad que tendrá el producto, de llegar a la fase de producto terminado y cumplir con los estándares establecidos. La verificación de que la materia prima y materiales cumplen con lo establecido, implica la adecuada comunicación con los proveedores.
- b. **Producto en proceso:** en esta etapa, es aconsejable utilizar gráficos de control por atributos, para conocer la variabilidad del proceso. También deben utilizarse otras herramientas de la calidad total, especialmente en las etapas de esterilización, inoculación, incubación, secado y tamizado.
- c. **Producto final:** debe verificarse la calidad del producto terminado, de su empaque y del almacenaje adecuado. Deben realizarse pruebas en el laboratorio, para comprobar la viabilidad de las esporas del hongo, almacenadas por más de tres meses.
- d. **Capacitación del personal en aspectos de calidad:** es fundamental para lograr la sensibilización y alcanzar las metas establecidas en la planta. El trabajo en equipo constituye un punto de apoyo para el aseguramiento de la calidad, lo que garantiza la competitividad del insecticida en el mercado.

3.10 Normas ISO 9000 para el aseguramiento de la calidad

Se define aseguramiento de calidad como todas aquellas acciones planificadas y sistemáticas, necesarias para proporcionar la confianza adecuada de que un producto o servicio satisface los requisitos de calidad establecidos.

Las normas ISO serie 9000 de aseguramiento de la calidad, definen las especificaciones mínimas y el objetivo de su aplicación es asesorar la calidad de los productos. Además, demuestran la capacidad de un productor para controlar su proceso, lo que determina la aceptación del producto o servicio entregado.

Dentro de las normas ISO 9000, hay cuatro áreas principales en las que se exige calidad y son: a) responsabilidad de la gerencia; b) control de compras; c) control interno de la calidad y d) control y documentación del sistema.

3.10.1 Norma ISO 9002

La norma ISO 9002, corresponde en forma más adecuada a las actividades de la planta de producción del bioinsecticida, debido a que es un modelo para el aseguramiento de la calidad en la producción y la instalación. A continuación, se presenta una síntesis, extraída de la norma Europea EN 29 002. ⁽²⁵⁾

I. Objeto y campo de aplicación

Especifica los requisitos que debe cumplir un sistema de calidad, cuando un contrato entre dos partes exige que se demuestre la capacidad de un suministrador para controlar los procesos que determinan la aceptación del producto suministrado. Se aplica en situaciones contractuales cuando: a) los requisitos especificados para el producto se formulan en términos de un diseño establecido y b) la confianza en la obtención de un producto conforme, puede conseguirse mediante una adecuada demostración de la capacidad del suministrador en la producción y la instalación.

II. Requisitos del sistema de la calidad

- i. Política de la calidad. La dirección del suministrador deberá definir y poner por escrito su política, sus objetivos y su compromiso en materia de calidad. Debe asegurarse de que esta política es entendida, aplicada y mantenida al día por todos los niveles de la organización.
- ii. Responsabilidades y autoridad. Deberán definirse las responsabilidades, la autoridad y las relaciones entre todo el personal que dirige, realiza y verifica cualquier trabajo que incida en la calidad.
- iii. Medios y personal para verificación del producto. Se deberán identificar las necesidades internas en materia de verificación, proveer los medios adecuados y asignar personal adiestrado para realizar dichas actividades.
- iv. Representante de la dirección. El suministrador deberá designar un representante de la dirección, para asegurar que se ponen en práctica permanentemente los requisitos de esta norma.

- v. Revisiones por la dirección. El sistema de la calidad, deberá examinarse a intervalos apropiados por la dirección del suministrador con el fin de asegurar que mantienen su eficacia y su adecuación.

III. Sistema de la calidad

El suministrador deberá establecer documentalmente y mantener al día un sistema de la calidad que asegure la conformidad de los productos con los requisitos especificados. Este sistema deberá comprender: a) la preparación de los procedimientos y las instrucciones del sistema de la calidad, los que deben recogerse documentalmente y estar de acuerdo con los requisitos especificados por la norma; b) la aplicación efectiva de estos procedimientos e instrucciones, según se recogen en los documentos escritos.

IV. Revisión del contrato

El suministrador deberá establecer y mantener al día los procedimientos para la revisión del contrato y la coordinación de estas actividades. Se debe revisar cada contrato para asegurar que: a) se han definido y documentado adecuadamente todos los requisitos; b) se ha resuelto cualquier diferencia con los requisitos que figuran en la oferta; c) el suministrador tiene capacidad para satisfacer los requisitos contractuales.

V. Control de la documentación

- a. Aprobación y distribución de los documentos. El suministrador deberá establecer y mantener al día los procedimientos para controlar todos los documentos y datos que se relacionen con los requisitos de la norma.
- b. Cambios o modificaciones de los documentos. Cualquier cambio o modificación de un documento deberá revisarlo y aprobarlo quien lo revisó o aprobó inicialmente, a menos de que se haya especificado expresamente algo diferente.

VI. Compras

El suministrador deberá asegurarse de que los productos comprados están conformes con los requisitos especificados.

- a. Datos sobre las compras. Los documentos de compra deberán contener los datos que describan de forma clara el producto solicitado, deberán comprender lo siguiente: i) el tipo o clase de producto; ii) el título o cualquier otra identificación formal; iii) el título, número y

edición de la norma que define el sistema de la calidad aplicable al producto.

- b. Verificación de los productos comprados. Cuando así se especifique en el contrato, el cliente tendrá el derecho de verificar en la recepción, que los productos comprados son según los requisitos especificados.

VII. Control de los procesos

El suministrador deberá identificar y preparar los procedimientos de producción y asegurar que se llevan a cabo en condiciones controladas. Estas condiciones deberán incluir:

- a. instrucciones de trabajo escritas que definan la forma de fabricar el producto;
- b. la supervisión y el control del proceso y de las características del producto durante la producción;
- c. cuando proceda, la aprobación de los procesos y equipos;
- d. los criterios de ejecución de trabajo que deben definirse completamente, mediante normas escritas o muestras representativas.

VIII. Inspección y ensayo

- a. Inspección y ensayos de recepción: el suministrador deberá asegurarse de que los productos recibidos no serán procesados hasta que hayan sido inspeccionados.
- b. Inspección y ensayos durante la fabricación: se deberá inspeccionar, ensayar e identificar los productos, como se establece en los procedimientos; establecer la conformidad de los productos con lo especificado, utilizando métodos de control y supervisión del proceso; conservar los productos hasta que se hayan completado las inspecciones e identificar los productos no conformes.
- c. Inspección y ensayos finales: el suministrador deberá realizar todas las inspecciones y los ensayos finales de acuerdo con lo previsto en los procedimientos, para probar la conformidad del producto final con los requisitos especificados.
- d. Se deben establecer y conservar los registros que prueben que el producto ha superado satisfactoriamente las inspecciones, con los criterios de aceptación establecidos.

IX. Control de los equipos de inspección, medición y ensayo

Para demostrar la conformidad de los productos con los requisitos especificados, el suministrador deberá controlar, calibrar y realizar el mantenimiento de los equipos de inspección, medición y ensayo.

X. Estado de inspección y ensayos

Deberá señalizarse en qué estado de inspección y ensayo se encuentran los productos, mediante hojas de ruta, marcas, etiquetas o cualquier medio que indique la conformidad o no conformidad de los productos, derivada de las inspecciones o ensayos realizados.

XI. Control de productos no conformes

Se deberá establecer y mantener al día los procedimientos para evitar que, por no advertirlo, se utilicen productos no conformes con los requisitos especificados. Estos procedimientos deberán precisar la identificación, la evaluación y el tratamiento de los productos no conformes. Se deberán definir las responsabilidades para el examen de los productos no conformes y quien tiene la autoridad para decidir su tratamiento.

XII. Acciones correctivas

Se deberá establecer documentalmente y mantener al día los procedimientos para investigar las causas de las no conformidades y las medidas correctivas para evitar su repetición; analizar todos los procesos, operaciones, registros referentes a la calidad y quejas de los clientes, con el fin de detectar y eliminar las causas potenciales que originan productos no conformes; iniciar las medidas preventivas para tratar los problemas a nivel de los riesgos que puedan derivarse; realizar controles para tener la seguridad de que se llevan a cabo las acciones correctivas y que éstas son eficaces.

XIII. Manipulación, almacenamiento, embalaje y entrega

Se deberán establecer documentalmente y mantener al día los procedimientos para manipular, almacenar, embalar y entregar los productos.

- a. Manipulación: se deberán proveer los métodos y medios de manipulación que no dañen o deterioren el producto.
- b. Almacenamiento: se deberá definir la zona o local seguro, para que no se dañen o deterioren los productos antes de su entrega. Deben establecerse los métodos apropiados

para admitir los productos en esta zona o dar salida de ella. Debe evaluarse periódicamente el estado de los productos almacenados para detectar cualquier deterioro.

- c. Embalaje: se deberán controlar los procesos de embalaje, conservación y marcado (incluyendo los materiales que se utilizan para ello), en tal medida que permitan asegurar la conformidad con los requisitos especificados.
- d. Entrega: se deberán establecer medidas para la protección de la calidad de los productos después de las inspecciones y ensayos finales. Cuando así se especifique en el contrato, esta protección deberá extenderse hasta la entrega a su destino.

XIV. Registros de la calidad

Se deberán establecer y mantener al día los procedimientos para identificar, recoger, codificar, clasificar, archivar, mantener al día y destinar todos los registros relativos a la calidad. Todos los registros de la calidad deberán mantenerse para demostrar que se ha conseguido la calidad requerida y que el sistema es realmente efectivo.

XV. Auditorias internas de la calidad

El suministrador deberá poner en práctica auditorias internas preestablecidas y documentadas para verificar que todas las actividades relativas a la calidad cumplen las disposiciones definidas y para evaluar la efectividad del sistema de calidad. Los resultados de las auditorias deberán documentarse y transmitirse al responsable del área auditada.

XVI. Formación y adiestramiento

Se deberán establecer y mantener al día los procedimientos para poner de manifiesto las necesidades relativas a la formación de todo el personal que realice actividades que afectan a la calidad y satisfacer estas necesidades. El personal que realice tareas específicas deberá estar calificado mediante formación inicial o complementaria y/o una experiencia apropiada.

XVII. Técnicas estadísticas

Cuando sea conveniente, se deberán establecer los procedimientos para identificar las técnicas estadísticas necesarias para verificar si la capacidad del proceso y las características de los productos son aceptables.

3.11 Certificación de productos orgánicos

Las noticias de los peligros ambientales y de la salud humana que resultan de la agricultura química intensiva, han incrementado la demanda en el mercado internacional de productos orgánicos.

Las normas orgánicas definen las prácticas mínimas necesarias para la producción y el manejo de los productos orgánicos, para que éstos puedan ser identificados y vendidos como "orgánico". Las normas orgánicas establecen definiciones comunes que son entendidas y utilizadas por productores, procesadores, vendedores y consumidores.

Desde 1,990, los gobiernos de U.S.A., Canadá y la Comunidad Económica Europea (CEE) han estado trabajando para establecer normas dentro de sus fronteras, para que las agencias de certificación utilicen normas reguladas y aceptadas internacionalmente.

IFOAM, la Federación internacional de movimiento de agricultura orgánica, ha establecido normas para la producción, procesamiento y comercialización de productos orgánicos.

El Codex Alimentarius, organismo encargado de establecer normas en los Estados Unidos, tiene una propuesta para la creación de normas internacionales de producción e industrialización, la cual será reconocida por los países miembros de las Naciones Unidas.

La Comunidad Económica Europea ha establecido un grupo de normas que son utilizadas por los países miembros y no miembros, que exporten o importen productos a la CEE.

Al pretender exportar el bioinsecticida, se debe solicitar la certificación del producto a una de las agencias certificadoras, ya que éste es requisito, para incursionar en el mercado internacional.

En la actualidad, no existe en el país ninguna agencia certificadora de productos orgánicos. La certificación debe realizarla alguna de las empresas extranjeras, por lo que este servicio involucra un costo alto.

CAPITULO IV

ORGANIZACION DE LA PLANTA

Existe una organización cuando dos o más personas se unen y coordinan sus actividades con el fin de alcanzar una serie de objetivos comunes.

Para que una organización funcione efectivamente, cada uno de sus miembros debe aportar su máxima contribución; para lograrlo el trabajo, debe ser dividido en unidades que un individuo sea capaz de desempeñar efectiva y eficazmente.

La unidad de organización más pequeña en que puede dividirse el trabajo es el puesto. Un puesto se describe como una unidad de organización consistente en un grupo de responsabilidades y obligaciones separadas y distintas a los otros puestos. Los deberes de cada puesto deben estar determinados por las necesidades de la organización y deben ser producto de una planeación.

4.1 Estructura de la organización

Cuando una empresa establece la estructura de su organización, está tratando de crear un marco que facilite el cumplimiento de sus objetivos. La estructura designa la base formal de la jerarquía dentro de la organización y constituye un factor importante, que influye sobre el desarrollo del comportamiento y de las actitudes de los miembros. Además suministra información, sobre el patrón de flujo formal de comunicación con sus implicaciones para el control.

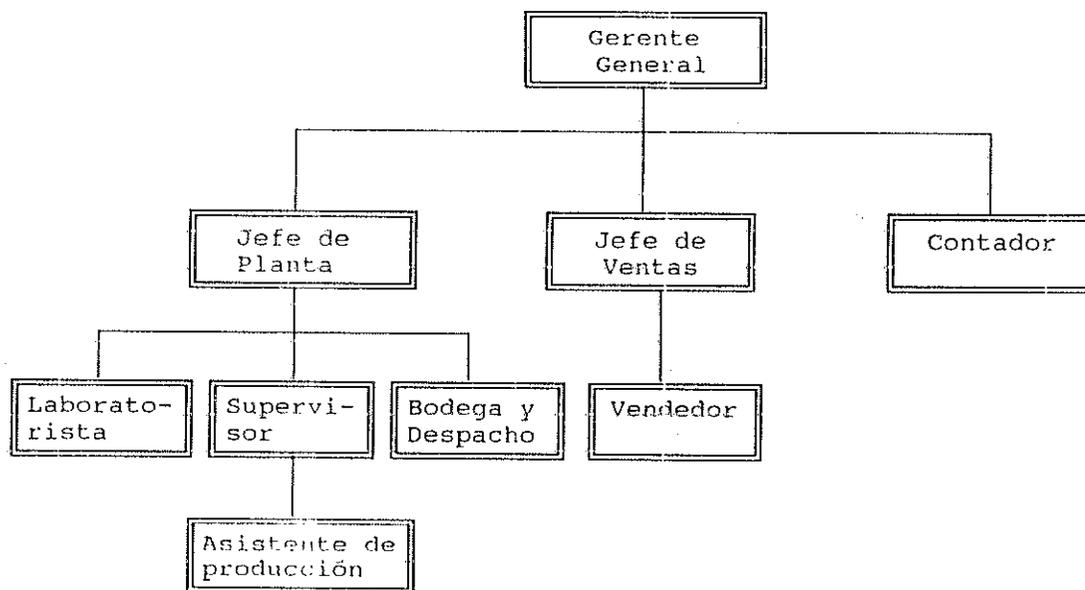
La estructura organizacional de la planta productora se presenta en el organigrama de la página No. 58.

4.2 Personal requerido

Para que la planta de producción del bioinsecticida trabaje óptimamente de acuerdo con la capacidad instalada, se requiere que el recurso humano contratado cumpla con la descripción de su puesto y posea las características detalladas en la especificación del mismo.

El personal requerido por las áreas de administración, producción, ventas y contabilidad se muestra en el Cuadro No. 15. El número de personas que se va a contratar está en función del volumen de producción de la planta.

Organigrama de la Empresa



CUADRO No. 15
Personal requerido

PUESTO	No. DE PERSONAS
Gerente general	1
Jefe de ventas	1
Contador	1
Jefe de planta	1
Secretaria	1
Vendedor	1
Supervisor de producción	1
Encargado de laboratorio	1
Asistente de producción	5
Encargado de bodega y despacho	1
Encargado de limpieza	1
Total	15

Un mínimo de 9 personas son necesarias para realizar el trabajo en el área de producción del bioinsecticida; esto se basa en el ciclo de producción del hongo y la distribución del trabajo, presentada en el capítulo III.

Se hace énfasis en que el trabajo en equipo es primordial para alcanzar los resultados esperados.

4.3 Perfiles de los puestos de trabajo

Con objeto de mantener control, es conveniente que los deberes y las responsabilidades del puesto se establezcan en forma escrita. La declaración escrita que cubre los deberes y responsabilidades de un puesto recibe el nombre de **Descripción del puesto**. Las calificaciones personales que debe poseer un individuo para hacerse cargo de estos deberes y responsabilidades se recopilan en lo que se llama la **Especificación del puesto**.

La descripción de puestos se constituye en una valiosa fuente de información para la organización y en una guía para mejorar el desempeño de los trabajadores. La especificación del puesto tiene su mayor uso en relación con el reclutamiento, selección y contratación del personal.

A continuación, se describen y especifican los puestos de trabajo del área de producción, ya que en esta investigación el enfoque es la optimización de la producción del hongo.

<p style="text-align: center;">DESCRIPCION DEL PUESTO TITULO DEL PUESTO: Jefe de Producción DEPARTAMENTO: Producción</p>

Introducción

El jefe de producción trabaja con órdenes de la Gerencia General. Es encargado de realizar la compra de materia prima e insumos, y es responsable del funcionamiento eficiente de la planta y de la calidad del producto. Administra el personal del departamento de producción y mantiene comunicación con proveedores, clientes y el departamento de ventas.

Funciones del puesto

- a. Supervisa el trabajo de los encargados del laboratorio, de bodega y despacho y del supervisor de producción.
- b. Se encarga de la administración del personal de producción.

- c. Mejora métodos de producción.
- d. Planifica y programa la producción del hongo.
- e. Autoriza las órdenes de producción y explosión de materiales.
- f. Realiza el reclutamiento, selección e inducción del personal de producción.
- g. Capacita al personal en áreas específicas tales como: calidad, seguridad e higiene industrial y productividad.
- h. Mantiene al día información sobre materia prima, insumos, producto en proceso y producto terminado.
- i. Mantiene comunicación con proveedores, clientes, departamento de ventas, contabilidad y gerencia general.
- j. Vela por la mejora constante de la calidad.
- k. Realiza todas aquellas actividades relacionadas con su puesto, que le sean solicitadas por la gerencia.

ESPECIFICACION DEL PUESTO

TITULO: Jefe de producción
DEPARTAMENTO: Producción

Educación

Ingeniero industrial o su equivalente, con conocimiento en procesos microbiológicos.

Experiencia y capacitación

Experiencia mínima de dos años en puesto similar. Se requiere entrenamiento de dos semanas para que conozca el proceso.

Conocimientos específicos

Leer inglés técnico, conocimiento en el manejo de computadoras personales, conocimiento de la filosofía de Calidad Total, de control de producción y de administración de personal.

Características personales

Profesional con ética, don de mando, con iniciativa, que posea liderazgo, capaz de mantener buena comunicación a todo nivel, capaz de trabajar en equipo y bajo presión.

Responsabilidad

Debe comprometerse con la misión de la organización y asumir la responsabilidad del funcionamiento eficiente de la planta y de producir un producto de calidad. Es el líder de un equipo de trabajo.

Condiciones de trabajo

Trabaja en una oficina con constantes interrupciones. Debe hacer visitas frecuentes al laboratorio y demás secciones de la planta, por lo que necesitará acostumbrarse a los cambios bruscos de temperatura.

Riesgos del puesto

Cuando visite el proceso, deberá usar el equipo de protección, para evitar alguna alergia, además debe soportar cambios de temperatura, que le pueden provocar problemas respiratorios.

DESCRIPCION DEL PUESTO

TITULO DEL PUESTO: Encargado de laboratorio
DEPARTAMENTO: Producción

Introducción

El encargado de laboratorio está bajo la supervisión del jefe de producción; realiza las labores propias del laboratorio desde el aislamiento del hongo a partir de insectos, hasta la preparación de la suspensión de conidias en la cantidad necesaria para inocular un lote. Además, debe realizar el control de calidad del producto en proceso y del producto terminado. Tiene a su cargo el mantenimiento del equipo y cristalería del laboratorio.

Funciones del puesto

- a. Realiza el aislamiento del hongo de insectos infectados, recolectados en el campo.
- b. Prepara los medios de cultivo para las prematrices y matrices.
- c. Inocula las prematrices y matrices, prepara la suspensión necesaria para inocular un lote de producción. Almacena adecuadamente las matrices para que las esporas no pierdan su viabilidad.
- d. Controla la calidad del cultivo en el laboratorio, y la calidad del producto en proceso y del producto terminado.

Debe realizar pruebas de viabilidad del producto terminado.

- e. Da mantenimiento al equipo y cristalería del laboratorio.
- f. Mantiene la asepsia requerida por el proceso en el área de laboratorio.
- g. Lleva un control del inventario de los medios nutritivos, materiales e insumos empleados en el laboratorio.
- h. Lleva un control de la producción de inóculo y del tipo de cepa y cantidad de suspensión entregada a producción.
- i. Identifica adecuadamente y reporta al jefe de producción las diferentes cepas que se están cultivando.
- j. Realiza todas aquellas actividades solicitadas por su jefe y que tienen relación con su puesto.

ESPECIFICACION DEL PUESTO

TITULO: Encargado de laboratorio
DEPARTAMENTO: Producción

Educación

Estudios universitarios a nivel de licenciatura, con especialización en Microbiología o su equivalente.

Experiencia y entrenamiento

Experiencia mínima de un año en el campo de la Microbiología. Se requieren dos a tres semanas de capacitación en el proceso.

Conocimientos específicos

Capacidad para programar el trabajo del laboratorio y para elaborar reportes. Habilidad en el uso, manejo y mantenimiento del equipo de laboratorio.

Características personales

Ético, disciplinado, ordenado, cooperador, con iniciativa, con don de mando, capaz de trabajar en equipo y de mantener buenos canales de comunicación a todo nivel.

Responsabilidad

Debe comprometerse con la misión de la organización y asumir la responsabilidad del manejo eficiente del laboratorio, así

como velar por la calidad del producto.

Esfuerzo físico

El trabajo de laboratorio es minucioso y requiere en gran medida un esfuerzo visual. La persona podrá realizar algunas actividades sentada, otras requerirán que permanezca de pie.

Condiciones de trabajo

Además de la iluminación natural, la persona debe trabajar con iluminación artificial la mayor parte de tiempo. En el laboratorio el ventilador debe estar conectado a baja velocidad. Además está expuesto a temperaturas variables, especialmente en las áreas de incubación, secado y almacenaje.

Riesgos del puesto

El hongo podría provocar una reacción alérgica en el organismo, debido a ello la persona debe usar bata durante toda la jornada de trabajo, durante algunas etapas del proceso deberá usar guantes y mascarilla. Los cambios de temperatura pueden provocarle problemas respiratorios.

DESCRIPCION DEL PUESTO

TITULO DEL PUESTO: Supervisor de Producción
DEPARTAMENTO: Producción

Introducción

El Supervisor de Producción realiza su trabajo bajo la supervisión del jefe de producción, supervisa las tareas desde la preparación del sustrato, esterilización, inoculación, incubación, secado, tamizado, empaque y almacenamiento del producto, enfatizando en el aspecto de calidad. Además de administrar y proveer la materia prima, materiales, herramientas y equipo requerido por las diferentes secciones del área de producción.

Funciones del puesto

- a. Provee a los asistentes de producción, de herramientas, materia prima y materiales necesarios en el proceso.
- b. Proporciona el equipo de protección al personal, esto es batas, guantes, mascarillas y anteojos.
- c. Programa y supervisa la preparación, esterilización e inoculación del sustrato, cuidando de la asepsia.

- d. Solicita y recibe del laboratorio la suspensión de conidias, en la cantidad necesaria para inocular un lote.
- e. Supervisa la temperatura, humedad e iluminación de las áreas de inoculación, incubación y secado.
- f. Supervisa los rompimientos de micelio y la ubicación de las bolsas en el área de incubación.
- g. Supervisa el drenaje de las bolsas y el crecimiento del micelio, detecta cualquier tipo de contaminación en el cultivo.
- h. Supervisa el secado, tamizado, pesado y empaque del producto y el almacenamiento del mismo.
- i. Lleva control de materia prima, producto en proceso y producto terminado.
- j. Prepara reportes de producción y los presenta al jefe de producción.
- k. Realiza reuniones con su equipo de trabajo con el fin de encontrar soluciones a los problemas que se presentan.
- l. Realiza todas aquellas actividades solicitadas por su jefe y que tienen relación con su puesto.

ESPECIFICACION DEL PUESTO

TITULO: Supervisor de Producción
DEPARTAMENTO: Producción

Educación

Estudios universitarios de Ingeniería industrial o su equivalente.

Experiencia y capacitación

Experiencia mínima de un año en puesto similar. Se requiere capacitación de dos a tres semanas para aprender el proceso, y se da énfasis a la calidad.

Conocimientos específicos

Conocimiento de procesos microbiológicos, conocimiento del uso y mantenimiento de equipo de esterilización, refrigeración y aire acondicionado. Capacidad para elaborar reportes y hojas de control de producción y de calidad.

Habilidades personales

Liderazgo, don de mando, con ética, capaz de mantener buena comunicación a todo nivel, disciplinado, ordenado, cooperador, con iniciativa, hábil para trabajar en equipo y capaz de trabajar bajo presión.

Responsabilidad

Debe comprometerse con la misión de la organización y asumir la responsabilidad por el trabajo del equipo de producción, al velar por la eficiencia del proceso y la calidad del producto.

Esfuerzo físico

El trabajo de supervisión requiere que la persona se mantenga de pie y se movilice dentro del área de producción la mayor parte de tiempo. Además debe trabajar bajo presión.

Condiciones de trabajo

El área de producción utiliza iluminación artificial, en todas sus secciones. El supervisor estará expuesto a cambios de temperatura; en algunas secciones se someterá a temperaturas entre 4 y 26°C.

Riesgos del puesto

El hongo puede provocar alguna reacción alérgica en el organismo, el supervisor debe usar bata y el equipo de protección requerido durante la jornada de trabajo. Existe el riesgo de padecer trastornos respiratorios.

DESCRIPCION DEL PUESTO

TITULO DEL PUESTO: Asistente de producción
DEPARTAMENTO: Producción

Introducción

El asistente de producción se encuentra bajo el mando del supervisor del producción, lleva a cabo las tareas relacionadas con la preparación del sustrato, esterilización, inoculación, incubación, secado, tamizado, empaque y almacenamiento del producto. Además del mantenimiento y limpieza del equipo y utensilios usados en el proceso.

Funciones del puesto

- a. Prepara el sustrato según el procedimiento establecido y llena las bolsas de polipropileno, luego las engrapa.

- b. Traslada las bolsas al autoclave y las esteriliza a 121 - 125⁰C y 15 psi por 20 - 25 min.
- c. Traslada las bolsas a la sección de inoculación. Efectúa la inoculación de cada bolsa y cuida de la asepsia de la operación. Coloca las bolsas inoculadas en los estantes asignados.
- d. Efectúa cuidadosamente el primer rompimiento del micelio y transporta las bolsas a la sección de incubación, donde las coloca en el lugar asignado.
- e. Realiza el segundo rompimiento del micelio y el drenaje de las bolsas.
- f. Traslada las bolsas a la sección de secado. Vacía el contenido de estas a bandejas plásticas, cuidando de romper los grumos existentes. Apila las bandejas para que el producto seque adecuadamente.
- g. Tamiza el contenido de las bandejas para obtener las esporas y transporta en cubetas las esporas y el sustrato hacia la sección de empaque.
- h. Pesa las esporas y las empaqa en recipientes con tapadera, etiquetando y sellando cada uno de ellos. También pesa, empaqa, etiqueta y sella el sustrato.
- i. Traslada el producto empaclado al cuarto refrigerado.
- j. Llena hojas de control de proceso en las diferentes actividades del área de Producción.
- k. Se encarga del mantenimiento y limpieza del equipo y utensilios usados en el proceso.
- l. Se reúne con el equipo de trabajo para buscar solución a los problemas relacionados con la actividad de la planta.
- m. Realiza todas aquellas actividades solicitadas por su jefe y que tienen relación con su trabajo.

ESPECIFICACION DEL PUESTO

TITULO: Asistente de producción
DEPARTAMENTO: Producción

Educación

Estudios a nivel medio, con capacitación en control de calidad o su equivalente.

Experiencia y capacitación

Experiencia mínima de seis meses en puesto similar. Se requieren de dos a cuatro semanas de capacitación para aprender el proceso, enfatizando en el concepto de calidad.

Conocimientos específicos

Conocimientos matemáticos básicos, conocimiento de la lectura del termómetro, uso del cronómetro y la balanza.

Habilidades personales

Disciplinado, ético, ordenado, cooperador, capaz de mantener buena comunicación y que le agrada trabajar en equipo.

Responsabilidad

Debe comprometerse con la misión de la organización y ser responsable con las tareas y el equipo asignado a su persona. Es responsable de la calidad del producto.

Esfuerzo físico

El trabajo en el área de producción requiere que la persona realice gran parte de las actividades asignadas de pie, además, debe transportar producto en proceso de un área a otra, utilizando para ello carretillas.

Condiciones de trabajo

Además de la iluminación natural, el área de trabajo requiere de iluminación artificial. La persona estará expuesta a cambios de temperatura, principalmente en las secciones de incubación, secado y almacenaje.

Riesgos del puesto

El hongo puede provocar reacciones alérgicas, la persona debe usar durante la jornada de trabajo el equipo de protección requerido en cada sección de la planta. Además, está expuesto a cambios de temperatura que pueden ocasionar problemas respiratorios.

DESCRIPCION DEL PUESTO

TITULO DEL PUESTO: Encargado de
bodega y despacho
DEPARTAMENTO: Producción

Introducción

El encargado de bodega y despacho se encuentra bajo la supervisión del jefe de producción y mantiene estrecha comunicación con el supervisor de producción y con el encargado del laboratorio. Al recibir los requerimientos de materia prima e insumos, se encarga de proveer los mismos a cada área del proceso. Se encarga además de despachar según la hoja de pedido el producto terminado, que se almacena en el cuarto refrigerado.

Funciones del puesto

- a. Recibe los requerimientos de materia prima e insumos y provee a cada sección lo que solicita.
- b. Lleva un control de la materia prima despachada y en existencia.
- c. Ubica y mantiene en orden la materia prima e insumos en el área de bodega.
- d. Se encarga del control del inventario y reporta al jefe de planta el nivel del inventario de materia prima y las fechas de reorden.
- e. Se encarga del control de calidad de la materia prima e insumos.
- f. Solicita al jefe de planta la compra de repuestos para el equipo, herramientas y demás útiles necesarios.
- g. De acuerdo con la hoja de pedido, despacha el producto terminado almacenado en el cuarto refrigerado.
- h. Reporta al jefe de planta sobre los despachos realizados y mantiene el control del producto almacenado.
- i. Participa de las reuniones del equipo de trabajo.
- j. Realiza todas aquellas actividades solicitadas por su jefe y que tengan relación con su puesto.

ESPECIFICACION DEL PUESTO
TITULO: Encargado de bodega y despacho
DEPARTAMENTO: Producción

Educación

Bachiller industrial o su equivalente con capacitación en producción.

Experiencia y capacitación

Experiencia mínima de un año en puesto similar. Se requieren de dos a tres semanas de capacitación, especialmente en las áreas de calidad y control de inventarios.

Conocimientos específicos

Conocimientos matemáticos, capacidad para elaborar reportes. Conocimientos básicos sobre control de inventarios.

Características personales

Disciplinado, ético, ordenado, cooperador, con iniciativa, capaz de trabajar en equipo y de mantener buena comunicación.

Responsabilidad

Debe comprometerse con la misión de la organización y ser responsable con las actividades asignadas y con los bienes que administra. Es responsable de la calidad de los materiales e insumos utilizados por el proceso.

Esfuerzo físico

Se requiere que la persona realice esfuerzos físicos fuertes, pues debe mover pesos de hasta un quintal y trasladarlos en carretilla al área que lo requiere.

Condiciones de trabajo

La iluminación de la bodega es artificial. La persona debe acostumbrarse a cambios bruscos de temperatura.

Riesgos del puesto

El hongo puede provocar reacciones alérgicas; por este motivo cuando la persona visite el área de proceso, debe usar el equipo de protección necesario. En el área de almacenaje, la persona debe someterse a una temperatura entre 4-6°C, que puede provocarle problemas respiratorios.

CAPITULO V

SEGURIDAD E HIGIENE INDUSTRIAL EN LA PLANTA

Seguridad es el conjunto de acciones que permiten localizar, establecer y evaluar los riesgos para prevenir los accidentes en el trabajo. Debe enfatizarse que la seguridad es responsabilidad de jefes y trabajadores.

Higiene industrial es la especialidad profesional, ocupada en preservar la salud de los trabajadores cuando realizan sus tareas. Su importancia radica en qué procesos y operaciones industriales, especialmente procesos químicos, microbiológicos y metalúrgicos, producen o utilizan materiales, que pueden dañar la salud de los trabajadores.

Una enfermedad ocupacional es cualquier condición anormal o desorden causado por la exposición a factores del medio asociados con el trabajo; aquí se incluyen los males crónicos y agudos que pudieran ser causados por la inhalación, absorción, ingestión o contacto directo con sustancias tóxicas o agentes dañinos.

El código de Trabajo, en el artículo 197o. dice: "Todo patrono está obligado a adoptar las precauciones necesarias para proteger eficazmente la vida, la salud y la moralidad de los trabajadores. Para este efecto debe proceder, dentro del plazo que determine la Inspección General de Trabajo y de acuerdo con el reglamento o reglamentos de este capítulo, a introducir por su cuenta todas las medidas de higiene y seguridad en los lugares de trabajo que sirvan para dar cumplimiento a la obligación anterior." ⁽²²⁾

El reglamento sobre Registro, comercialización, uso y control de plaguicidas agrícolas y sustancias afines, en el artículo 45o. dice: "las actividades de fabricación, formulación y reenvasado de toda clase de plaguicidas, debe realizarse bajo estrictas normas de seguridad e higiene, utilizando equipos, ropa y otros implementos que no permitan el contacto de los productos con el cuerpo humano, con el fin de conservar la salud de las personas que intervienen en el trabajo y preservar el medio ambiente, siendo esta obligación de las empresas," ⁽²⁴⁾

El diseño de medidas de seguridad en el lugar de trabajo es importante, no sólo en lo que respecta a accidentes, sino también a la conservación de la salud. Además de ser una obligación legal, hay razones morales para implementar programas de seguridad e higiene en el trabajo y razones económicas debido a que los costos por enfermedad y accidentes

pueden ser muy altos, no sólo para el trabajador, sino también para la organización. Por eso se debe tratar de prever y prevenir los accidentes y peligros para la salud, para reducir los costos directos e indirectos, involucrados en las enfermedades y los accidentes.

Según la OIT, las funciones asignadas a la seguridad e higiene en el trabajo son:

- a. Vigilancia del medio ambiente de trabajo: se refiere al estudio, evaluación de los factores del medio, condiciones higiénicas, organización del trabajo, medios de protección personal colectiva e individual, agentes nocivos y verificación de los sistemas de control destinados a eliminar o reducir la exposición.
- b. Vigilancia de la salud de los trabajadores: debe abarcar las evaluaciones necesarias para proteger la salud de los trabajadores, especialmente la de aquellos a los que se les asignen tareas específicas que puedan entrañar peligro para su salud; evaluaciones periódicas después de una ausencia prolongada por motivos de salud y antes de iniciar su trabajo.
- c. Formación, educación, información y asesoramiento: actividades que tienen como principal objetivo la formación de los trabajadores en materia de salud. Se establece una serie de funciones como: formación en primeros auxilios y en materia de prevención para que el personal contribuya a la seguridad y a la salud en el trabajo; asesoramiento a los trabajadores sobre los problemas de salud, de higiene y ergonomía, informar al trabajador sobre los riesgos que entraña el trabajo y las técnicas de prevención adecuadas.
- d. Primeros auxilios, tratamientos y programas de salud: funciones como la de proporcionar primeros auxilios y atención de urgencia a los trabajadores, víctimas de accidentes o de indisposición en el lugar de trabajo; colaboración en la organización de los primeros auxilios, desarrollo de campañas de vacunación en relación con los riesgos biológicos que se presenten en el lugar de trabajo; participar en campañas de protección de la salud; colaboración con las autoridades sanitarias en programas de salud.

5.1 Condiciones del ambiente de trabajo

Se hace énfasis en el mejoramiento continuo de las condiciones del ambiente de trabajo en la planta, debido a que éstas

tienen gran influencia en la productividad, seguridad y salud de los trabajadores. Tomando en cuenta estas razones, debe enfocarse el mejoramiento en los aspectos siguientes:

- a. Temperatura: aunque la temperatura corporal normal es de 37°C, los trabajadores que tratan de producir en un ambiente que tenga esa temperatura resultan sumamente ineficientes. La región óptima para la localización de la planta es el departamento de Retalhuleu, lugar que tiene una temperatura promedio que oscila entre 28-32°C; el proceso requiere que las secciones de incubación y secado se mantengan a una temperatura entre 26-28°C y que el producto se almacene a 4-6°, por lo que los trabajadores estarán expuestos a variaciones de temperatura.
- b. Esporas: en el área de secado, puede haber esporas suspendidas en el ambiente; esto es provocado por la turbulencia que generan las corrientes de aire; otra causa es el manejo inadecuado de las bolsas, que contienen sustrato con crecimiento de conidias.

Las esporas del hongo Metarhizium anisopliae ocasionalmente provocan reacciones alérgicas o algún tipo de irritación en las personas. No hay evidencia de que el hongo pueda ser patogénico a humanos o a animales de sangre caliente y reptiles. No se ha reportado que los insectos benéficos sean susceptibles al hongo, a excepción del gusano de seda. ^(1, 2)

- c. Iluminación: la iluminación adecuada del lugar de trabajo en cuanto a intensidad, contraste y color es un elemento importante en el bienestar del trabajador. El empleo de iluminación artificial en la planta, debido a los requerimientos del proceso, hace que el trabajador esté sujeto a este tipo de iluminación durante toda la jornada de trabajo.
- d. Ruido: por el tipo de proceso, en la planta no se generan ruidos intensos. En el área de esterilización, por el funcionamiento constante de las autoclaves, el nivel de ruido puede estar entre 70 y 80 decibeles aproximadamente. El nivel de ruido en las secciones restantes no supera los 65 decibeles, según cálculos realizados. La planta en conjunto se encuentra entre los límites aceptables de ruido, que no representan ningún riesgo para el trabajador.

5.1.1 Causas posibles de accidentes

Las posibles causas de accidentes, en una planta de

producción de un bioinsecticida, son:

a. Acontecimientos inesperados

b. Condiciones inseguras:

- Equipo protegido inadecuadamente
- Equipo defectuoso
- Estructura o procedimiento peligroso en o cerca de máquinas o equipo
- Almacenamiento inseguro: sobrecarga o aglomeramiento
- Iluminación inadecuada, reflejos, luz insuficiente
- Ventilación inadecuada: cambio de aire insuficiente, fuente de aire impuro

c. Actos inseguros por parte de los trabajadores:

- No utilizar equipo de protección personal
- Operar o trabajar a velocidades poco seguras, ya sea demasiado rápido o muy lenta
- Falta de orden y limpieza
- Hacer inoperantes los dispositivos de seguridad al eliminarlos, ajustarlos o desconectarlos
- Utilizar el equipo de manera insegura
- Utilizar procedimientos inseguros en la carga y colocación de las cajillas y bandejas
- Distraerse, empujarse, abusar, correr, pelear y jugar

5.2 Normas generales de seguridad e higiene industrial

Un objetivo de la organización debe ser fomentar en los trabajadores el deseo de trabajar con seguridad. Es importante reducir al mínimo los peligros, pero no importa si el lugar es seguro, pues habrá accidentes a menos que los trabajadores deseen actuar con seguridad.

Para lograr la participación de los trabajadores en la prevención de los accidentes de trabajo, es necesario la capacitación. Capacitar implica preparar al trabajador para realizar una actividad determinada. La importancia de la capacitación radica en que una persona informada está consciente de lo que hace, de lo que se espera de ella, de los derechos y obligaciones que tiene, del procedimiento adecuado de ejecución de una tarea, de los riesgos que corre y de cómo prevenirlos.

Al capacitar adecuadamente al personal, se evitan problemas y se logra la identificación de los trabajadores con la organización.

La capacitación del personal sobre seguridad e higiene industrial debe cubrir los aspectos siguientes:

- a. Políticas de la empresa sobre seguridad e higiene.
- b. Proceso de trabajo, materias primas usadas y producto elaborado por la empresa.
- c. Adiestramiento sobre procedimientos de trabajo seguros.
- d. Primeros auxilios y localización de botiquines.
- e. Agentes a que están expuestos los trabajadores, en el aspecto de accidentes y de enfermedades de trabajo.
- f. Métodos de prevención de los riesgos existentes y uso de equipo de protección.

En la planta, se deben utilizar las normas de color para señalar instalaciones, tubería y equipo, de la manera siguiente:

- a. Rojo: para equipo contra incendio.
- b. Blanco: líneas de tráfico, depósitos de basura, rincones.
- c. Anaranjado: maquinaria peligrosa, botones de arranque.
- d. Amarillo: luces preventivas, pasamanos, aparatos suspendidos.
- e. Verde: seguridad y primeros auxilios.

5.2.1 Normas básicas de seguridad e higiene industrial en la planta

Las normas básicas son las siguientes:

- a. Mantener orden y limpieza en las áreas de trabajo.
- b. Uso adecuado del equipo de protección personal (bata u overol, guantes, gafas, mascarilla).
- c. Existencia de equipo de protección contra incendios.
- d. Utilización correcta del equipo, herramientas y materiales de trabajo.
- e. Ejecución segura de los procedimientos de trabajo.

- f. No ejecutar operaciones sin previa capacitación.
- g. No ingerir alimentos ni bebidas en el puesto de trabajo.
- h. No fumar en el puesto de trabajo.
- i. Deben atenderse los avisos y señales de seguridad.
- j. Lavarse adecuadamente las manos con agua y jabón antes de comer, beber o fumar, al iniciar y finalizar las labores y al ir al sanitario.
- k. No debe tocarse la cara o la piel con manos o guantes sucios.
- l. Si el producto se derrama sobre la piel o salpica a los ojos debe lavarse con agua y jabón inmediatamente la parte afectada.
- m. Los guantes deben enjuagarse antes de quitárselos. Al final de la jornada deben lavarse por dentro y por fuera y secarlos antes de volverlos a usar.
- n. Respeto mutuo dentro de las instalaciones; hay que evitar distraerse, empujarse, correr, pelear y jugar.
- ñ. El jefe de planta debe llevar control de los accidentes ocurridos.
- o. Dar aviso inmediato al supervisor, de lo siguiente:
 - síntomas de enfermedad o de indisposición para el trabajo;
 - actos inseguros realizados por otros compañeros;
 - fallas mecánicas en el equipo;
 - falta de equipo de protección;
 - mala iluminación o ventilación deficiente del lugar de trabajo;
 - bandejas mal estibadas;
 - fugas de agua, vapor, etc.;
 - falta de medicamentos de primeros auxilios en el botiquín.
- p. El jefe de planta debe llevar registros y control de las ausencias de trabajo provocadas por enfermedad y sus causas.
- q. El equipo de protección personal y de protección contra incendios debe sustituirse periódicamente de acuerdo con los programas establecidos.
- r. Debe darse mantenimiento a las instalaciones y equipo de

acuerdo con programas establecidos.

- s. Buena comunicación a todo nivel, respecto a asuntos relacionados con la seguridad e higiene en la planta.
- t. Se recomienda lavar la ropa de trabajo diariamente con jabón o detergente, separada de la ropa del resto de la familia.

5.3 Riesgos de enfermedades

No hay registros en el país, de enfermedades profesionales provocadas por el hongo Metarhizium anisopliae como agente patógeno. El hongo es reconocido como entomopatógeno; no se conocen daños de éste, a animales o a humanos.

Al manipular las esporas del hongo, existe el riesgo de que estas ingresen al organismo por inhalación, debido a su tamaño. Aunque las esporas de M. anisopliae tienen baja toxicidad, deben tomarse las precauciones necesarias, así como el uso adecuado del equipo de protección personal.

Al igual que otros hongos, Metarhizium anisopliae puede causar reacciones alérgicas en las personas que entran en contacto con él. Estas alergias son leves y desaparecen en corto tiempo, sin requerir tratamientos médicos complicados.

5.4 Equipo de protección personal

El equipo de protección personal es un conjunto de aparatos y accesorios fabricados especialmente para ser usados en diversas partes del cuerpo, con el fin de impedir las lesiones y enfermedades causadas por los agentes a los que están expuestos los trabajadores.

Es imposible que el equipo de protección personal dé una seguridad total a los trabajadores, por lo que se habrán de tomar en cuenta los riesgos que no pueden ser evitados mediante su uso, y tratar de prevenirlos.

Según el reglamento sobre Registro, comercialización, uso y control de plaguicidas agrícolas y sustancias afines, en el artículo 57o. dice: "El personal dedicado a las labores de fabricación, formulación y reenvasado de plaguicidas debe contar con ropa de trabajo y el equipo de protección personal. Es responsabilidad de la empresa el suministro de dicho equipo y el uso del mismo".⁽²⁴⁾

- a. Protección de los ojos: los ojos deben ser protegidos de

las esporas dispersas en el ambiente, especialmente en el área de secado y tamizado, se requiere el uso de gafas que se ajusten estrechamente alrededor de la cavidad o cuenca del ojo, con orificios de ventilación para evitar que las gafas se empañen; las gafas claras de plástico, modelo 206-C/230 o modelo VD/220, son adecuadas para proveer esta protección.

- b. Protección de las vías respiratorias: en las secciones de secado y empaque, deben usarse mascarillas para evitar que las esporas suspendidas en el ambiente ingresen al cuerpo a través de las vías respiratorias. También debe usarse mascarilla en el laboratorio y en el área de incubación cuando se realice la ruptura, el drenaje y el traslado de las bolsas. Las mascarillas que se deben usar son desechables, modelo 8500 de marca 3M o mascarillas plásticas con filtro desechable modelo 320C/10-012.
- c. Protección de las manos: los guantes de goma de nitrilo son un medio práctico para proteger las manos al manipular las conidias del hongo. El uso de guantes es necesario en todas las actividades del proceso, a excepción de la operación de cocción en la cuál se requieren manoplas o mangas de cuero o de fibras que protejan el antebrazo y brazo del calor.
- d. Protección del cuerpo: los trabajadores de la planta deben usar batas de manga larga de algodón u overoles de una o dos piezas, para proteger sus cuerpos y su ropa en el trabajo. Además deben usar redecillas en el cabello para evitar que el producto sea contaminado con algún cabello suelto.
- e. Calzado: durante el proceso de producción no hay ningún requerimiento especial con respecto al calzado; durante la actividad de saneamiento y limpieza del equipo, las personas que lo realizan deben usar botas de hule.

5.5 Equipo de protección contra incendios

En este tipo de industria, los riesgos de incendios son bajos, pero se debe contar con el equipo adecuado para combatir incendios.

Las posibles causas de incendio en la planta son:

- a) por el sobrecalentamiento del equipo;
- b) por el mal aislamiento de los cables de energía eléctrica;

c) por fuga del gas propano.

Para prevenir incendios, se debe prestar atención a: equipo y alumbrado eléctrico, el manejo y almacenamiento del gas propano, el manejo adecuado de las estufas y autoclaves y las prácticas seguras de trabajo en las tareas en que se emplea calor.

Se sugiere equipar la planta, con extintores del tipo ABC, debido a que éstos son de uso general y son efectivos para controlar incendios de:

- a) clase A (combustión de materiales sólidos: papel y madera);
- b) clase B (líquidos, grasas o ceras inflamables y derivados del petróleo);
- c) clase C (equipo eléctrico).

Los extintores deben estar identificados con etiquetas, en las cuales se marcan las fechas en que fueron llenados y cuándo les corresponde ser llenados nuevamente, si no han sido utilizados en ese período de tiempo.

V. CONCLUSIONES

1. La producción de conidias del hongo Metarhizium anisopliae, para ser utilizadas como agentes de control biológico de plagas es factible tanto a nivel de proceso como a nivel económico, al seguir el método propuesto y dotar al hongo de las condiciones requeridas.
2. Según el análisis de costos, la localización óptima de la planta es en la región de Retalhuleu, aunque su costo de operación es mayor que en la región de Escuintla, donde su costo de instalación es más bajo.
3. La demanda del hongo Metarhizium anisopliae en el mercado de la caña de azúcar es de aproximadamente 5,000 ha., y se pronostica un incremento no sólo en este mercado, sino también en el mercado de las hortalizas para exportación, las cuales deben presentar ausencia de tóxicos.
4. Es posible el aislamiento y multiplicación de cepas nativas del hongo Metarhizium anisopliae a partir de inmaduros de insectos infectados, recolectados en campos sin historial de aplicación.
5. Se determinó que la temperatura de 26° - 28° C y la iluminación continua son efectivas durante la etapa de incubación para proporcionar condiciones óptimas para el desarrollo del hongo Metarhizium anisopliae.
6. La distribución comercial del producto debe hacerse bajo dos presentaciones: a) conidias, b) sustrato y conidias. Debido a que sólo se logra entre un 85 a 90% de separación de las conidias del sustrato, después del tamizado; por eso el sustrato contiene un remanente de conidias entre 10 a 15% que debe ser aprovechado.
7. Las conidias conservan su viabilidad a temperaturas entre 4-6°C, durante un período de 4 a 6 meses, almacenadas en recipientes plásticos cerrados.
8. La capacitación del personal de la planta es un factor fundamental para cumplir con la misión de la organización, y lograr mejoras a nivel de eficiencia, calidad, mantenimiento preventivo del equipo y seguridad e higiene industrial en la planta productora del bioinsecticida.

VI. RECOMENDACIONES

1. Se debe realizar un análisis de costos y un estudio de prefactibilidad del proyecto, comparando comunidades específicas de las regiones de Escuintla y Retalhuleu, en el momento en que se pretenda realizar una inversión en este tipo de proceso.
2. Es conveniente investigar el rango específico de hospederos del hongo Metarhizium anisopliae con el objetivo de ampliar su mercado.
3. Hay que investigar a profundidad una cepa nativa del hongo M. anisopliae, en aspectos de infecciosidad, patogenicidad, virulencia y rango de hospederos, antes de iniciar su producción masiva.
4. Es necesario determinar los productos dispersantes que existen en el mercado para lograr una suspensión eficiente de las conidias del hongo en el agua.
5. Es necesario mejorar la eficiencia de los procesos de secamiento del producto y de obtención de conidias.
6. Hay que desarrollar una formulación del hongo Metarhizium anisopliae, con objeto de utilizarlo en polvo para el control de plagas de insectos.
7. Se deben realizar pruebas con las diferentes variedades de arroz que existen en el mercado, para determinar qué tipo es el óptimo para ser usado como sustrato.
8. Se debe diseñar un programa de capacitación para el personal involucrado en el proceso de producción del bioinsecticida, para evitar accidentes y problemas de contaminación en el proceso.
9. Se debe promover el trabajo en equipo, como medio efectivo para la mejora continua y para solucionar problemas de calidad, productividad, seguridad y costos entre otros.

VII. REFERENCIAS

Textos

1. ARORA, D.K.. et.al. **Handbook of applied Mycology humans, animals and insects.** Vol. 2. U.S.A.: Marcel Dekker Inc. 1,991. p. 567-573.
2. ARORA, D.K.. et.al. **Handbook of applied Mycology: fungal Biotechnology.** Vol. 4. U.S.A.: Marcel Dekker Inc. 1,992. p. 665-681.
3. BARNETT, H.L.. et.al. **Illustrated genera of imperfecti fungi.** Fourth Edition. U.S.A.: Mac Millian Publishing Company. 1,987. p. 944-95.
4. BUENAVENTURA, C.E. **Estudio para la conformación del centro de investigación y capacitación de la caña de azúcar de Guatemala.** Guatemala: Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar, CENGICA. 1,992. 52 pp.
5. CASTAÑEDA, O.. et.al. **Plaguicidas en Guatemala. - Uso, Impacto Ambiental y Alternativas-.** Guatemala: Proyecto de Desarrollo Agrícola, Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación/AID. 1,993. p. 28-36.
6. De BACH, P. **Control biológico de insectos y malas hierbas.** México: Cía. Editorial Continental, S.A. de C.V. 1,987. p. 608-737.
7. NATIONAL ACADEMIC OF SCIENCES. **Manejo y control de plagas de insectos.** Vol. 3. México: Limusa. p. 27-33, 189-217, 379-455.

Libros de ponencias y tesis

8. ANDREWS, K. et.al. **Manejo integrado de plagas insectiles en la agricultura estado actual y futuro.** Honduras: Depto. de Protección Vegetal, Escuela Agrícola Panamericana El Zamorano. 1,989. p. 212-219.
9. MARROQUIN V., C.A. **Evaluación de rango de hospedantes, medios de cultivo, luz y temperatura para la reproducción masiva del entomopatógeno (Metarhizium sp.) in vitro.** (tesis: Facultad de

- Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala). Guatemala. 1,984. 33 pp.
10. MITTLER, T.E. et.al. Annual review of Entomology. Vol. 23 U.S.A.: Annual Reviews Inc. 1,978. p. 409-428.
 11. MORALES M., V.M. Evaluación de seis sustratos para la reproducción de cinco cepas de hongos entomopatógeno y estudio de su patogenicidad en cuatro especies de insectos plaga. (tesis: Facultad de Agronomía, Centro Universitario de Occidente). Guatemala. 1,990. p. 1-26.
 12. ROMERO L., E.R. Control biológico y químico de inmaduros de *Plutella xylostella* en el cultivo de brocoli *Brassica oleracea* var. *italica* en dos mini riegos de el departamento de el Quiché. (tesis: Facultad de Agronomía, Centro Universitario de Occidente). Guatemala. 1,992. p. 15-28.

Boletines técnicos y revistas

13. AQUINO, M. de L. et.al. Cultura de "*M. anisopliae*" (Metsch) Sorokin em sacos de polipropileno. Boletín Técnico No. 5 de CODECAP. Brasil: CODECAP. Julio de 1,977. p. 7-9.
14. BASTOS C., B.P. et.al. Crecimento de *Metarhizium anisopliae* (Metsch) Sorokin em meios de cultura naturais, líquidos. Revista Biológico, Sao Paulo. Vol. 49. No. 5. Brasil: s.p.i. 1,983. p. 111-116.
15. BASTOS C., B.P. et.al. Producao massal de esporos de *Metarhizium anisopliae* (Metsch) Sorokin em meios de cultura naturais de arroz y macerado de feijao. Revista Biológico, Sao Paulo. Vol. 51. No. 7. Brasil: s.p.i. 1,985. p. 169-174.
16. CAMARGO, L.M.P. de. Desenvolvimento do fungo *Metarhizium anisopliae* (Metsch) Sorokin em diferentes meios de cultura naturais, sólidos. Revista Biológico, Sao Paulo. Vol. 49. No. 4. Brasil: s.p.i. 1,983. p. 107-109.
17. COMMONWEALTH INSTITUTE OF BIOLOGICAL CONTROL (CIBC). A review of biological control of pests in commonwealth Caribbean and Bermuda up to 1982. Technical communication No. 9. Vol. 6. United Kingdom: The Commonwealth Institute of Biological Control. 1,985. p. 50-53.

18. D'ANTONIO, A.M. et.al. Estudos preliminares de eficiencia de *Metarhizium anisopliae* (Metsch) Sorokin no controle a broca do caf (*Hypothenemus hampei*, Ferrari, 1867) en condioes do laboratorio. Congreso Brasileiro de Pesquisas cafeeiras. Instituto Brasileiro do Caf, Río de Janeiro. Brasil: Instituto Brasileiro do Caf. 1,979. p. 301.
19. FRIGO, S.M. et.al. Meios de cultura e producao de conídios em *Metarhizium anisopliae* (Metsch) Sorokin. Revista Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Vol. 43. No. 1. Brasil: Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". 1,986. p. 285-293.
20. KHACHATOURIANS, G. Production and use of biological pest control agents. Revista Tibtech. Mayo. Holland: s.p.i. 1,986. p. 120-124.
21. TABORSKY, V. Small-scale processing of microbial pesticides. FAO Agricultural Services Bulletin. No. 96. Rome: FAO. 1,992. 90 p.

Otras fuentes de información

Leyes y Reglamentos

22. Código de Trabajo. Decreto número 1441 del Congreso de la República de Guatemala.
23. Ley de Fomento para la Descentralización Industrial. Decreto 24-79 del Congreso de la República de Guatemala.
24. Reglamento sobre Registro, Comercialización, Uso y Control de plaguicidas agrícolas y sustancias afines. Acuerdo Gubernativo No.377-90.

Normas

25. Norma Europea EN 29 002. Modelo para el aseguramiento de la calidad en la producción y la instalación. Comité Europeo de Normalización (CEN). Diciembre de 1,987.

VIII. BIBLIOGRAFIA

Textos

1. BURGE, M.N. **Fungi in biological control systems.** Great Britain: Manchester University Press. 1,988. p. 45-81, 211-227.
2. BURGES, H.D. et.al. **Microbial control of insects and mites.** Great Britain: Academic Press (London) Ltd. 1,971. p. 623-637, 655-699.
3. BURGES, H.D. et.al. **Microbial control of pests and plant diseases 1970-1980.** Great Britain: Academic Press. 1,981. p. 465-476, 757-758.
4. CHASE, R. B. et.al. **Production & operations Management: a life cycle approach.** Sixth Edition. U.S.A: Richard D. Irwin, Inc. 1,992. p. 52-91.
5. KUME, H. **Métodos estadísticos para el mejoramiento de la calidad.** Argentina: The Association for Overseas Technical Scholarship y Asociación Argentina de Ex Becarios de la ABK y AOTS. 1,990. 235 pp.
6. KOGAN, M. **Ecological theory and integrated pest Management practice.** U.S.A.: John Wiley & Sons. 1,986. p. 191
7. SINGLETON, P. et.al. **Dictionary of Mycrobiology.** Great Britain: John Wiley & Sons. 1,978. 450 pp.
8. WILDING, N.. et.al. **Insect-fungus interaction.** U.S.A.: Academic Press. 1,989. p. 223-224, 243-265.
9. ZORRILLA, S. et.al. **Guía para elaborar la tesis.** México: Nueva Editorial Interamericana S.A. 1,988. 106 pp.

Libros de ponencias y tesis

10. MITTLER, T.E. et.al. **Annual review of Entomology.** U.S.A: Annual Reviews Inc. 1,987. p. 226-230.
11. SMITH, R. et.al. **Annual review of Entomology.** Vol. 11. U.S.A.: Annual Reviews Inc. 1,966. p. 434-443.

Boletines técnicos y revistas

12. BATISTA, A. et.al. Producao de fungos entomopatogenicos a nivel de propiedad agrícola. Revista Biológico, Sao Paulo. Vol. 54. No. 7/12. Brasil: s.p.i. 1,988. p. 55-57.
13. CAMARGO, L.M.P.C. de. et.al. Efeito de algunos piretróides sobre o fungo entomopatogenico *Metarhizium anisopliae* (Metsch) Sorokin. Revista Biológico, Sao Paulo. Vol. 49. No. 3. Brasil: s.p.i. 1,983. p. 65-68.
14. FOLEGATTI, M.E.G. et.al. Interacao entre o Fungo *Metarhizium anisopliae* (Metsch) Sorok. 1883 e os principais parasitoides da Broca da Cana-De-Açúcar, *Diatraea saccharalis* (Fabricius, 1794). Revista Anais da Sociedade Entomologica do Brasil. Vol. 16. No. 2. Brasil: Sociedade Entomologica do Brasil. 1,987. p. 351-361.
15. GARCIA, F. Avances y perspectivas del control biológico en Colombia. Revista Colombia Ciencia y Tecnología. Julio-Sept. Colombia: s.p.i. 1,990. p. 8-11.
16. GUAGLIUMI, P. et.al. Contribucao ao Estudo da cultura e aplicacao de *Metarhizium anisopliae* (Metsch) Sorokin. no controle da "Cigarrinha-da-Fhola" *Mahanarva posticata* (Stal) No Nordeste do Brasil. Boletín Técnico de CODECAP. No. 3. Brasil: CODECAP. 1,974. p. 11-36.
17. VENTURA, J.A. et.al. Ocorrencia de epizootias naturais causadas por *Metarhizium anisopliae* (Metsch) Sorok em populacoes de *Zulia entreriana* (Berg.; 1879) e *Deois* sp. no Estado do Espiritu Santo Brasil. Boletim EMCAPA. Brasil: EMCAPA. 1,979. 6 pp.

IX. ANEXO

Perfil del proyecto Condiciones óptimas para el montaje de una planta para producir insecticidas biológicos

Introducción

Las plagas constituyen un serio problema para el hombre, pues atacan su alimento, el forraje y la fibra, además de servir como vectores de organismos patógenos. El control químico de plagas es el método más utilizado, pero ha provocado serios daños a la ecología, y ha afectado no sólo a animales y plantas, sino al mismo hombre, y ha provocado degeneración en las células, por lo que se le asocia con el apareamiento del cáncer y otras enfermedades. Los plaguicidas dejan residuos tóxicos, que contaminan el aire, agua y suelo, y provocan disturbios en los ecosistemas. Debido a estos problemas, el control biológico de plagas ha empezado a recibir atención, especialmente en países desarrollados.

Las ventajas del uso del control biológico son: a) no produce contaminación ambiental; b) no deja residuos tóxicos en los alimentos, agua, aire y suelo; c) no altera los ecosistemas; d) las plagas no desarrollan resistencia; e) su acción es permanente y continua; f) resulta más barato que utilizar plaguicidas químicos. La mayor desventaja es que su mecanismo de acción es lento.

Los insectos, al igual que otros seres vivos, enferman a causa de microorganismos patógenos, que afectan su sistema nervioso, respiratorio y digestivo.

La posibilidad de diseminar artificialmente hongos, para el control de plagas de insectos, ha sido ampliamente investigado en países como Rusia, Brasil y Australia, donde se han logrado buenos resultados.

Metarhizium anisopliae es un hongo Deuteromiceto, que ataca principalmente insectos del suelo. Las conidias del hongo penetran y germinan en el cuerpo del insecto, las hifas invaden los órganos y producen toxinas en el interior del cuerpo, finalmente el insecto muere. Si las condiciones ambientales son adecuadas, el cadáver presenta crecimiento micelial. El hongo Metarhizium anisopliae es utilizado con éxito en Brasil, Australia, Colombia y Costa Rica, para el control de plagas de la caña de azúcar y del pasto; también ha sido probado con buenos resultados contra plagas del café, arroz y hortalizas.

Según investigaciones, es posible producir el hongo Metarhizium anisopliae en bolsas de polipropileno con arroz, como

sustrato, mediante un procedimiento sencillo. El bioinsecticida a base de este hongo, consiste en un polvillo verde (color característico del hongo), hidrosoluble, el cual debe ser aplicado en el campo por aspersión.

El bioinsecticida es competitivo en el mercado, por su precio y eficacia. Además de tener una serie de ventajas, por ser un producto biodegradable que no afecta la ecología.

I. Estudio de mercado

a) El producto

El producto consiste en conidias del hongo Metarhizium anisopliae, (1 Kg. de conidias puras contiene 5×10^{12} esporas), que deben almacenarse a temperatura entre $4-6^{\circ}\text{C}$ para mantener su viabilidad. El hongo se distribuirá en dos presentaciones: como conidias puras y como arroz cubierto con un porcentaje de conidias, el cual es un derivado del proceso, ambas de 1 kg. de peso y selladas adecuadamente.

La aplicación del producto, en el campo, debe hacerse por aspersión, utilizando bombas de mochila o aspersores mecánicos. La dosis recomendada es de 215 gr/ha. de cultivo. Debe evitarse que el agua que se utiliza para asperjar el producto, contenga cloro, pues podría actuar como inhibidor del hongo e incluso podría matarlo.

El producto es competitivo en el mercado por su precio y por su eficacia, además de poseer las ventajas que involucra el control biológico de plagas.

b) Comportamiento de la demanda

El mercado potencial actual para la aplicación del producto en el cultivo de la caña de azúcar es de aproximadamente 130,000 ha.

El producto es conocido y utilizado por el 15% del mercado potencial; su introducción implica difusión y educación, para aumentar el número de consumidores.

Se estima que la demanda actual para este tipo de producto es de 19,500 ha., únicamente en el cultivo de la caña de azúcar, lo que implica una producción anual aproximada de 4,193 Kg. de esporas del hongo.

c) Comportamiento de la oferta

En la actualidad, dos empresas producen el hongo

Metarhizium anisopliae; una de ellas cubre una demanda de 5,000 ha.; la otra lo hace para 700 ha.; ambas en caña de azúcar. Uno de los ingenios azucareros está instalando su propio laboratorio, para producir el hongo y aplicarlo en sus cañaverales. En conjunto, estas empresas poseen una porción del mercado del 15%.

Ante el Departamento de la Dirección Técnica de Sanidad Vegetal, fue presentada la solicitud de una empresa para importar el hongo, aunque actualmente no existen registros de que haya ingresado alguna cantidad de este producto al país.

d) Localización de la demanda

Actualmente la mayor demanda del hongo es en el cultivo de la caña de azúcar; este cultivo se concentra en el sur y suroriente del país, principalmente en los departamentos de Escuintla y Suchitepéquez.

e) Precio del producto

La oferta actual del producto ha fijado el precio en Q.500.00 el Kg. de conidias puras y en Q.27.50 el precio de 1 Kg. de arroz con un porcentaje de conidias (sustrato más esporas remanentes después del tamizado); ambos precios incluyen el IVA. Para poder competir se debe equiparar el precio y mejorar la calidad del producto.

f) Situación futura

Se estima que a corto plazo la demanda real aumentará, debido al incremento de cultivo de hortalizas para exportación a las que se les restringe el uso de plaguicidas químicos y al interés que la agricultura orgánica ha despertado en el mundo entero.

II. Estudio técnico

a) Proceso

El proceso se compone de dos etapas; la primera se desarrolla en el laboratorio y consiste básicamente en el aislamiento del hongo y en la preparación de una suspensión de conidias para inocular un lote de producción. El tiempo promedio transcurrido entre la primera y la última actividad de esta etapa es de 873.68 horas. La segunda etapa consta de las siguientes actividades: a) preparación del sustrato; b) llenar bolsas con sustrato; c) esterilización de las bolsas; d) inoculación de las bolsas con la suspensión;

e) incubación de las bolsas a 26-28⁰C, con iluminación constante; g) tamizar el producto; h) pesar y empacar el producto; i) almacenar el producto entre 4-6⁰C. Esta etapa involucra un tiempo de ejecución de 602.30 horas. La información anterior conduce a la planeación del funcionamiento del laboratorio al menos un mes antes de que empiece a operar el resto de la planta, para contar con el inóculo del hongo necesario para un lote de producción. Un lote de producción involucra un quintal de arroz.

b) Materiales

- i. El sustrato utilizado es arroz de grano entero, el cuál es producido en el país. La oferta de arroz permanece constante durante todo el año y el precio no tiene una variación significativa.
- ii. La cepa del hongo puede importarse de Brasil o Costa Rica, pero se recomienda investigar y analizar las cepas nativas, ya que éstas están habituadas a las condiciones ambientales del país y parasitan naturalmente a los insectos hospederos bajo condiciones diferentes a las cepas importadas, por lo que la virulencia, infecciosidad y patogenicidad puede variar.
- iii. El medio nutritivo empleado, para propagar el hongo, está constituido por haba-dextrosa-agar. Estos componentes son conseguidos con facilidad en el mercado nacional.
- iv. Las bolsas de polipropileno son adecuadas para soportar la temperatura y presión del autoclave, además, permiten el crecimiento del hongo sobre el sustrato en un ambiente adecuado.
- v. Los productos utilizados para la limpieza y desinfección de la cristalería y equipo utilizado, constituyen un aspecto importante en la obtención de la asepsia requerida por el proceso.
- vi. Los recipientes y bolsas de polietileno son adecuados para el empaque del producto; éstos deben tener capacidad de 1 Kg.

c) Equipo

El equipo necesario para el laboratorio, es el siguiente:

1-Estereoscopio	1-Microscopio
1-Incubadora	1-Horno eléctrico
1-Autoclave tipo olla	1-Estufa pequeña de gas

1-Cámara de transferencia 1-Balanza
1-Refrigerador 1-Agitador
1-Cámara de New bauer

Cristalería: tubos de ensayo de 16x150mm, frascos de vidrio, beakers, buretas, erlenmeyers, embudos, asas.

El equipo para el área de producción es el siguiente:

2-Estufas industriales de gas
3-Autoclaves
2-Sistemas de aire acondicionado, tipo ventana
1-Deshumidificador
1-Tamizador mecánico
2-Balanzas
1-Cuarto refrigerado

Otros: ollas de peltre o aluminio, cedazos, 5 mesas de trabajo, 3 carretillas, 10 estantes de 2x3x1 m, 2 escaleras, bandejas plásticas, cajillas plásticas, cubetas plásticas, tijeras, cucharones y medidores.

d) Personal

El personal requerido para producción es el siguiente:

1 Jefe de planta
1 Encargado de laboratorio
1 Supervisor
5 Asistentes de producción
1 Encargado de bodega y despacho
1 Encargado de limpieza.

e) Localización

Debido a las condiciones ambientales que requiere el proceso, la planta debe ubicarse en una región con temperatura promedio entre 25-30⁰C, para propiciar un mejor desarrollo del hongo. El proceso requiere un alto porcentaje de participación de mano de obra; este factor debe ser tomado en cuenta al decidir la localización de la planta, al igual que la asepsia requerida por el proceso.

El mercado del insecticida biológico se encuentra localizado principalmente en la región sur y sur oriente del país. Las opciones para ubicar la planta son: Guatemala, Escuintla, Retalhuleu, Quetzaltenango y Zacapa. Por el método de asociación aparente y la cercanía con el mercado, se sugiere la ubicación de la planta en el departamento de Escuintla.

f) Edificio industrial

Los locales destinados a la fabricación, formulación o reenvasado de plaguicidas, deben estar ubicados en sitios autorizados por el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social y deben cumplir con los requisitos establecidos por el Ministerio de Trabajo y Previsión Social, para garantizar las condiciones de seguridad e higiene de los trabajadores.

El área mínima para la construcción del edificio industrial es de 1 cuerda de terreno (625 v² ó 436.81 m²). El área construida será de 330 m², el resto del terreno se utilizará como parqueo y área de carga y descarga.

El tipo de construcción adecuado es de primera categoría o construcción de mixto y losa. El piso debe ser de cemento pulido y las paredes deberán pintarse de color claro. En toda la planta, se requiere de una iluminación artificial eficiente.

El edificio debe estar dividido en doce ambientes; la sección de incubación y secado deben mantenerse a una temperatura estable entre 26-28⁰C y humedad relativa no mayor del 70%, la iluminación en éstas secciones debe ser constante. El laboratorio y la sección de cocción requieren de lavaderos con drenaje. Se requiere la instalación de un cuarto refrigerado para almacenar el producto; el piso del lugar donde se instalará el cuarto debe ser aislado adecuadamente.

La instalación eléctrica debe ser monofásica, 110/220 v. La ventilación se realizará por medios artificiales en las áreas de oficina, cocción, esterilización y área de trabajadores. En las secciones de inoculación, incubación y secado, deben evitarse las corrientes de aire, por lo que la ventilación será natural.

III. Estudio Financiero

a) Proyección de los gastos

- i. Los gastos de instalación provienen de la compra del terreno, construcción del edificio, compra e instalación del equipo e instalación de los servicios. El monto aproximado del costo de instalación asciende a: Q1,480,000.00. El costo de instalación varía, de acuerdo con el lugar donde se instale la planta.

ii. Los gastos de operación anuales en que se incurre provienen de la compra de materia prima y materiales, pago de mano de obra, pago del servicio de agua y energía eléctrica, pago de impuestos y otros. El monto aproximado del costo de operación es de Q.325,000.00.

b) Proyección de los ingresos

La capacidad mínima de producción de la planta es de 750 Kg. anuales, de conidias puras y 7,500 Kg. de arroz más esporas.

Se sabe que la demanda del mercado es mayor que la oferta; se asume que se venderá todo el producto. El ingreso anual por concepto de la venta de conidias puras será de Q.348,750.00 y el ingreso por el arroz más esporas será de Q.192,750.00, lo que hace un total de Q.541,500.00 anuales.

c) Punto de equilibrio

La meta es asegurar que la empresa produzca utilidades; como ayuda para este propósito, se realiza un análisis del punto de equilibrio.

Según cálculos realizados, el punto de equilibrio de esta empresa se obtiene con un volumen de producción de 215 Kg. de conidias puras; después de este volumen de producción, se empiezan a obtener utilidades; antes de este volumen la empresa está incurriendo en pérdidas, es decir, está consumiendo su capital. Para el cálculo de punto de equilibrio se consideró el hecho de que por 1 Kg. de conidias puras se obtienen 10 Kg. del producto derivado (arroz más conidias); en conjunto, ambos productos producen un ingreso anual aproximado de Q.541,500.00, mientras que los gastos de operación ascienden aproximadamente a Q.325,000.00

IV. Evaluación económica

El proyecto posee gran importancia en el campo agroindustrial del país, pues la economía depende en gran porcentaje de la exportación de productos agrícolas.

El mercado mundial restringe la utilización de plaguicidas químicos; esto constituye un serio problema para Guatemala, ya que en la actualidad el porcentaje de productos agrícolas rechazados por contaminación es muy alto. De ahí que los bioinsecticidas se convierten en una alternativa viable para combatir las plagas de insectos, pues además de su eficacia no

dejan residuos tóxicos. De esta manera, las hortalizas guatemaltecas aumentarían su demanda en el mercado internacional, y mejorarían los ingresos al país, por exportaciones de productos no tradicionales.

Con la instalación de esta planta, se crean nuevas fuentes de trabajo, se capacita personal en el campo microbiológico y se tiene la posibilidad de generar tecnología apropiada a nuestro medio.

El bioinsecticida se produce con materia prima nacional, a diferencia de los insecticidas químicos que son importados y que generan una salida de divisas.

El bioinsecticida a base de Metarhizium anisopliae; no provoca daños ecológicos y constituye una alternativa en el control de plagas, en beneficio del equilibrio de los ecosistemas, de la conservación de los recursos naturales y de la salud del mismo hombre.

Al conseguir la certificación del bioinsecticida como un producto orgánico, se logra el ingreso del producto al mercado internacional. Al exportar el producto, se generan divisas al país.