



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**SISTEMA DE TRAZABILIDAD PARA EL LABORATORIO DE PRODUCCION DEL
HONGO METARHIZIUM ANISOPLIAE EN EL INGENIO SANTA ANA**

Karen Eugenia Natareno Cabrera

Asesorado por el Ing. Arnoldo Castrillo Martínez

Guatemala, febrero de 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**SISTEMA DE TRAZABILIDAD PARA EL LABORATORIO DE PRODUCCION DEL
HONGO METARHIZIUM ANISOPLIAE EN EL INGENIO SANTA ANA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

KAREN EUGENIA NATARENO CABRERA

ASESORADO POR EL ING. ARNOLDO CASTRILLO MARTINEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERA INDUSTRIAL

GUATEMALA, FEBRERO DE 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Luis Diego Aguilar Ralón
VOCAL V	Br. Christian Daniel Estrada Santizo
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADORA	Inga. Rossana Margarita Castillo Rodríguez.
EXAMINADOR	Ing. Hugo Leonel Alvarado De León.
EXAMINADOR	Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

SISTEMA DE TRAZABILIDAD PARA EL LABORATORIO DE PRODUCCION DEL HONGO METARHIZIUM ANISOPLIAE EN EL INGENIO SANTA ANA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Industrial, con fecha 29 de enero de 2015.



Karen Eugenia Natareno Cabrera

Guatemala, 27 de octubre de 2017

Ingeniero
José Francisco Gómez Rivera
Director de Escuela
Ingeniería Mecánica Industrial
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

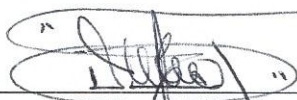
Estimado Ing. Gómez:

Por este medio tengo el agrado de dirigirme a usted, para informarle que he asesorado el trabajo de graduación titulado "**SISTEMA DE TRAZABILIDAD PARA EL LABORATORIO DE PRODUCCION DEL HONGO METARHIZIUM ANISOPLIAE EN EL INGENIO SANTA ANA**" elaborado por el estudiante universitario **Karen Eugenia Natareno Cabrera**, quien identifico con numero de cané **2001815320** previo a optar por el título de Ingeniera Industrial.

Al respecto quiero indicar que luego de efectuar las debidas revisiones y correcciones, encuentro que el trabajo cumple con los requisitos para su aprobación, por lo que considero se proceda a realizar los trámites correspondientes.

Agradeciendo el apoyo.

Atentamente



Arnoldo Castrillo Martínez
Colegiado No. 6949

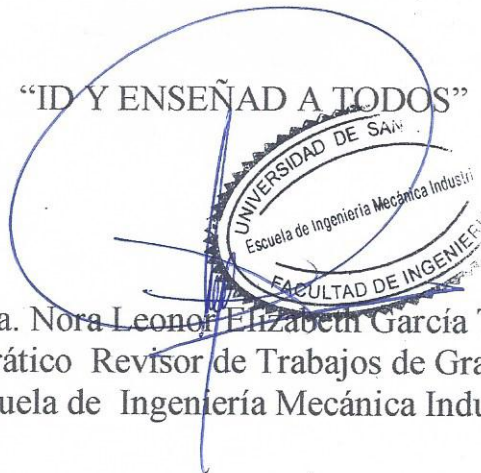
Arnoldo Castrillo Martínez
INGENIERO INDUSTRIAL
COL. 6949



REF.REV.EMI.174.018

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **SISTEMA DE TRAZABILIDAD PARA EL LABORATORIO DE PRODUCCIÓN DEL HONGO METARHIZIUM ANISOPLIAE EN EL INGENIO SANTA ANA**, presentado por la estudiante universitaria **Karen Eugenia Natareno Cabrera**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



Inga. Nora Leonor Elizabeth García Tobar
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, noviembre de 2018.

/mgp



REF.DIR.EMI.018.019

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, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **SISTEMA DE TRAZABILIDAD PARA EL LABORATORIO DE PRODUCCIÓN DEL HONGO METARHIZIUM ANISOPLIAE EN EL INGENIO SANTA ANA**, presentado por la estudiante universitaria **Karen Eugenia Natareno Cabrera**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. Cesar Ernesto Urquiza Rodas
DIRECTOR a.i.

Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, febrero de 2019.

/mgp

Universidad de San Carlos
De Guatemala



Facultad de Ingeniería
Decanato

Ref. DTG.68.2019

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 del trabajo de graduación titulado: **“SISTEMA DE TRAZABILIDAD PARA EL LABORATORIO DE PRODUCCIÓN DEL HONGO METARHIZIUM ANISOPLIAE EN EL INGENIO SANTA ANA”** presentado por la estudiante universitaria: **Karen Eugenia Natareno Cabrera** y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano



Guatemala, Febrero de 2019

/echm

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por ser el guía en mi camino, bendecirme, apoyarme, darme la sabiduría y fuerzas necesarias para alcanzar esta meta.
- Mis padres** Edwing Natareno Aguilar Y Olga Cabrera Rodríguez por ser el apoyo y el amor incondicional que me han dado. Gracias por enseñarme a salir adelante a pesar de los fracasos, soy el fruto de todo su esfuerzo y sacrificio.
- Mis hermanas** Wendy Yohana González Cabrera y Silvana Eugenia Natareno Cabrera porque a pesar de nuestras diferencias, siempre han estado para apoyarme.
- Mis sobrinos** Rodrigo González, Andrea y Karla Cruz. Gracias por cada momento compartido, llenan mi vida de felicidad.

Gerardo Pineda

Gracias por tu apoyo incondicional y acompañarme a lo largo de esta vida universitaria.

Mis amigos

Gracias por cada momento compartido, y apoyarme durante el desarrollo de mi carrera, a su lado en compartido momentos de alegría, tristeza, estrés, cada uno ocupa un lugar en mi corazón.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por darme la oportunidad de ser parte de mi formación académica.
Facultad de Ingeniería	Gracias por darme las herramientas y formarme como profesional.
Ingenio Santa Ana	Por darme la oportunidad de desarrollo académico.
Mi asesor	Ing. Arnoldo Castrillo.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SIMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN.....	XIII
OBJETIVOS.....	XV
INTRODUCCIÓN	XVII
1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA	1
1.1. Antecedentes generales	1
1.1.1. Historia	1
1.1.2. Ubicación	2
1.1.3. Visión	3
1.1.4. Misión	4
1.2. Estructura organizacional	4
1.2.1. Organigrama.....	4
1.2.2. Licencia sanitaria	7
1.2.3. Sistemas de certificación	10
1.2.4. Normas generales	10
1.2.5. Políticas de calidad e inocuidad.....	11
1.3. Generalidades del laboratorio.....	11
1.3.1. Distribución del trabajo	11
1.3.2. Organigrama.....	12
1.3.3. Materia prima.....	12
1.3.4. Descripción de material de empaque	16

2.	DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL	17
2.1.	Proceso de producción.....	17
2.1.1.	Producción del hongo <i>Metarhizium anisopliae</i>	18
2.1.2.	Descripción del proceso	18
2.1.2.1.	Recolección de muestras de campo	19
2.1.2.2.	Aislamiento.....	19
2.1.2.3.	Incubación de cultivo	20
2.1.2.4.	Matrices y preparación del substrato....	21
2.1.2.5.	Inoculación de bolsas	22
2.1.3.	Diagrama de operaciones	27
2.1.4.	Diagrama de recorrido.....	29
2.1.5.	Registros y controles	30
2.2.	Evaluación del edificio e instalaciones	30
2.2.1.	Descripción del laboratorio	31
2.2.2.	Distribución del laboratorio y almacenamiento	31
2.2.3.	Evaluación de la seguridad e higiene industrial.....	31
2.2.3.1.	Identificación de factores de riesgos	33
3.	PROPUESTA DEL SISTEMA DE TRAZABILIDAD.....	35
3.1.	Descripción de trazabilidad	35
3.1.1.	Consideraciones destacables para proponer un sistema de trazabilidad.....	35
3.1.2.	Fases consideradas para la implementación de un sistema de trazabilidad.....	36
3.1.3.	Análisis de la trazabilidad	37
3.1.3.1.	Trazabilidad hacia atrás	37
3.1.3.2.	Trazabilidad descendente	38
3.1.3.3.	Trazabilidad en el proceso	39
3.2.	Diagrama de flujo	39

3.3.	Análisis de puntos críticos de control	40
3.3.1.	Almacenamiento de materia prima	41
3.3.2.	Área de producción.....	42
3.3.3.	Despacho de producto terminado.....	43
3.3.4.	Guía para un diagnóstico de la documentación de la empresa	45
3.3.4.1.	Metodología	46
3.4.	Diseño de hojas de control	47
3.4.1.	Recepción de materia prima	47
3.4.2.	Egreso de la materia prima.....	48
3.5.	Tiempos de proceso	49
3.5.1.	Producción del lote	49
3.5.2.	Despacho de producto terminado.....	50
3.5.3.	Plan de capacitación para el personal.....	51
3.5.3.1.	Objetivos de la capacitación	52
3.6.	Análisis financiero.....	53
4.	IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE TRAZABILIDAD Y CONTROL.....	57
4.1.	Función de trazabilidad.....	57
4.2.	Presentación de la trazabilidad a los trabajadores	58
4.2.1.	Demostración del sistema de trazabilidad	58
4.2.1.1.	Ventajas y beneficios.....	59
4.2.2.	Desarrollo de trazabilidad	59
4.2.2.1.	Control de tiempos de proceso	60
4.3.	Registro y control de la documentación.....	60
4.4.	Elaboración e implementación de acciones correctivas	60
4.4.1.	Implementación de acciones correctivas	61
4.4.1.1.	Acciones preventivas.....	63

4.4.1.2.	Verificación de la documentación.....	63
5.	MONITOREO Y SEGUIMIENTO	65
5.1.	Consideraciones de la implementación del sistema de trazabilidad.....	65
5.1.1.	Estructura general.....	65
5.1.2.	Redacción del procedimiento a seguir	65
5.2.	Control del sistema de trazabilidad	67
5.3.	Mejora continua.....	68
5.3.1.	Detección de puntos críticos	69
5.3.2.	Determinación de causas al azar	69
5.4.	Retención y almacenamiento.....	70
5.4.1.	Retención	70
5.4.2.	Almacenamiento.....	72
6.	IMPACTO AMBIENTAL	73
6.1.	Identificación y evaluación de impactos y riesgos ambientales.....	73
6.2.	Control de desecho	74
6.2.1.	Manejo interno de los desechos.....	74
6.3.	Medidas de mitigación.....	75
	CONCLUSIONES.....	77
	RECOMENDACIONES	79
	BIBLIOGRAFÍA.....	81
	APÉNDICE	83

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Mapa de ubicación del Ingenio Santa Ana	3
2.	Organigrama general del Ingenio Santa Ana	6
3.	Organigrama de la gerencia de la división agrícola y servicios	7
4.	Proceso de gestión de la licencia sanitaria	9
5.	Organigrama del Laboratorio de <i>Metarhizium anisopliae</i>	12
6.	Etapas de producción	17
7.	Etapas de producción de RI, RII y RIII	22
8.	Desarrollo de bolsas inoculadas	24
9.	Proceso de secado y almacenado <i>Metarhizium anisopliae</i>	25
10.	Diagrama de operaciones de <i>Metharhizium Asilopae</i>	27
11.	Diagrama de operación, obtención de inóculo	28
12.	Diagrama de recorrido	29
13.	Propuesta del flujo de trazabilidad	40
14.	Salida de almacén de producto terminado	45
15.	Daño foliar en base al número de insectos por tallo	55
16.	Organigrama de la unidad y seguimiento	67
17.	Certificado de control de calidad	71

TABLAS

I.	Sistema de certificación	10
II.	Concentración de conidios	18
III.	Identificación de riesgos	33

IV.	Recepción de materia prima	47
V.	Egreso de la materia prima	48
VI.	Control de temperatura y humedad relativa	49
VII.	Inoculación y secado del cultivo.....	50
VIII.	Despacho de producto terminado	51
IX.	Plan de capacitación.....	53
X.	Pérdidas estimadas en toneladas de azúcar por hectáreas en base al daño foliar	55
XI.	Análisis económico sobre TAH	56
XII.	Implementación de acciones correctivas	62

LISTA DE SIMBOLOS

Símbolo	Significado
°C	Centígrados
Ha	Hectárea
%	Por ciento
Q.	Quetzales
TAH	Tonelada de azúcar por hectárea

GLOSARIO

Agar	sustancia gelatinosa de origen marino, su uso principal es como medio de cultivo en microbiología, también se usa como laxante, helados, y como agente aclarador de la cerveza.
Asepsia	Ausencia de toda clase de microorganismos patógenos y de materia séptica. Sin infección. La técnica aséptica consiste en la utilización de materiales estériles (libres de microorganismos patógenos, no patógenos y esporas).
Bolsa tipo PPO	Es utilizada para llevar a cabo los procesos de esterilización, está hecha de polipropileno.
Cepa	En microbiología y genética, una variante genotípica de una especie o, incluso, de un taxón inferior, usualmente clonada, debido al interés en la conservación de sus cualidades.
Chinche Salivosa	Pertenece a la familia cercopidae y es un insecto con aparato bucal picador chupador que utiliza su estilete para laborar túneles de alimentación que finalizan en los elementos del xilema provocando el síntoma conocido como quemazón. Principal problema en el Principal problema en el cultivo de caña de azúcar.

Ciprofloxacina BP	La Ciprofloxacina es un agente antibacteriano del grupo de las fluoroquinolonas con efectos bactericidas.
Conidio	También llamados conidiosporas, son esporas asexuales no móviles del hongo.
Entomopatígeno	Dentro de los agentes entomopatógenos se incluyen bacterias, hongos, virus, nematodos y protozoos fundamentalmente. Generalmente se caracterizan por su escasa toxicidad sobre otros organismos del ambiente, por su aptitud para ser tratados industrialmente, es decir, se cultivan, formulan, empacan, almacenan y se comercializan como un insecticida convencional. Estos insecticidas biológicos penetran en el insecto plaga por ingestión, y también por contacto en el caso de los hongos.
Espora	Es una estructura reproductiva en la que el hongo se transforma para su dispersión y para sobrevivir durante largos periodos de tiempo en condiciones desfavorables.
Esporular	Dicho de una planta o de una bacteria, Formar esporas.
Inoculación	Introducir una cantidad específica de una sustancia que contiene un microorganismo específico.

<i>Metarhizium Anisopliae</i>	Hongo entomopat6geno que ataca a los insectos como una parasitoide hasta eliminarlos.
Patogenicidad	Capacidad de un agente infeccioso de producir enfermedad en un hu6sped susceptible.
PDA	Medio de cultivo de la papa dextrosa agar, utilizado en el laboratorio.
Zafra	Es la recolecci3n de la caña de az6car y la producci3n de la misma.

RESUMEN

La trazabilidad de un producto; es un conjunto de medidas, de acciones y de procesos que permiten registrarlo e identificarlo desde su origen hasta su destino, es decir, es la posibilidad de “rastrearlo” en todas sus etapas de producción, de transformación y distribución.

Para la realización de la investigación, fue necesario realizar un diagnóstico situacional del laboratorio donde se produce el hongo *Metarhizium anisopliae*, en el ingenio Santa Ana, se realizó un análisis de la información existente relacionada con los diagramas de operaciones y sus relaciones con los diagramas de recorrido y registros de control que se utilizan durante la producción del hongo, con el proceso de trabajo que se realiza.

El objetivo principal de la trazabilidad es controlar los procesos de producción asegurando la calidad y el buen estado de los productos, para la realización de este trabajo se estudiaron los tres tipos de trazabilidad que intervienen en la producción del hongo, siendo ellas, la trazabilidad hacia atrás, trazabilidad descendente y la trazabilidad de proceso. A la primera, se le conoce también como trazabilidad de proveedores y se refiere a la recepción de los insumos y/o productos que ingresan al laboratorio donde se produce el hongo *Metarhizium anisopliae*, donde se identifican los productos, se evalúan los registros; la segunda se refiere a la identificación y seguimiento de las entregas a los técnicos de campo quienes son los encargados del manejo del cultivo de la caña de azúcar, en esta etapa se evalúan los registros del producto que se entrega y a quien se lo entrega, la tercera trazabilidad, analiza el ingreso y egreso de los productos, la información a considerar en esta etapa, es la

relación de los productos recibidos durante el proceso productivo dentro del ingenio.

Del análisis anterior, se realizó una propuesta de fortalecimiento al sistema de trazabilidad que se viene realizando, consistió en diseñar hojas de control para cada una de las etapas de recepción, egreso de materia prima, manejo de los tiempos de proceso y registro para la producción en lote y registro del producto terminado y un plan de capacitación relacionado con el tema de trazabilidad dirigido a todos aquellos actores involucrados en esta actividad.

Se planteó hacer el monitoreo y seguimiento como parte de un proceso de acompañamiento que permitió fortalecer el proceso de trabajo, y cumplir con los fines del laboratorio, para eso fue necesario detectar los puntos críticos de las actividades realizadas.

Se realizó un análisis del entorno ambiental en el área de cultivo del azúcar donde se aplica en forma líquida o en polvo y se determinó que el hongo es inofensivo para el medio ambiente, esto quiere decir que no requiere medidas de mitigación en su elaboración y aplicación.

OBJETIVOS

General

Establecer un sistema de trazabilidad para mejorar los registros y documentación del proceso de producción del hongo *Metarhizium anisopliae* en el Ingenio Santa Ana.

Específicos

1. Definir la trazabilidad del proceso de producción del hongo *Metarhizium anisopliae*.
2. Adaptar las mejoras a los registros existentes en los procesos de recepción de la materia prima, producción del hongo y entrega de producto terminado.
3. Definir hojas de registro y control de procesos para la implementación del *sistema* de trazabilidad.
4. Identificar por medio de diagramas y flujogramas la forma de empleo del sistema de trazabilidad.
5. Establecer los mecanismos de los registros de la información, mediante la capacitación y asignación de responsabilidades a los trabajadores, sobre el uso correcto de los formatos diseñados.

INTRODUCCIÓN

La calidad es una necesidad prioritaria en un producto terminado, que a la vez las personas demandan y exigen a los productores; para alcanzarla es necesario implementar dentro de las operaciones un proceso de trazabilidad completo y fiable; siendo necesaria la transmisión de información a lo largo de todo el ciclo de producción.

En la actualidad la trazabilidad es un requisito adoptado por las empresas como aseguramiento de la calidad en la producción de un producto determinado; tiene como objetivo la localización de un artículo o producto por medio de una identificación registrada, que consiste en el diseño de un código o número de lote, donde se puede tener acceso a la información.

Un programa de trazabilidad está diseñado para identificar cualquier producto a través de una operación, esto permite encontrar los puntos críticos que vulneran la seguridad en el consumo

Para el abordaje de este proyecto de mejora, como propuesta de implementación del sistema de trazabilidad en el laboratorio de producción de hongo *Metarhizium anisopliae* en Ingenio Santa Ana, se desarrollaron seis capítulos.

En el primer capítulo del presente trabajo se explican con detalle las generalidades de la empresa, incluyendo los antecedentes de la empresa, estructura organizacional, registro, certificaciones, normas, políticas y generalidades del laboratorio. En el segundo capítulo se desarrolla el tema de diagnóstico, donde se hizo un análisis de la situación actual de la empresa, conociéndose el proceso de producción y condición del edificio e instalaciones. En el tercer capítulo se define la propuesta del sistema de trazabilidad, en este capítulo se presenta la descripción del proceso de trazabilidad, análisis de puntos críticos de control, diseño de hojas de control y su análisis financiero. En el cuarto capítulo se define la implementación del sistema de trazabilidad, la trazabilidad de proceso y la información que conviene registrar. En el quinto capítulo se establece el monitoreo y seguimiento, en la ejecución del sistema dándole seguimiento al control, retención y almacenamiento de la información para la mejora continua. En el sexto capítulo se estableció que el hongo es inofensivo para el medio ambiente y no necesita medidas de mitigación.

1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA

1.1. Antecedentes generales

Para entender lo que se propone en este trabajo de graduación, hay que tener en cuenta los hechos históricos del ingenio y con esto entender el porqué la necesidad del estudio.

1.1.1. Historia

El Ingenio Santa Ana, en los últimos años, se ha convertido en uno de los líderes de la agroindustria azucarera, inició sus labores en 1968, cuando un grupo de empresarios adquirió parte del equipo de los Ingenios Santa Juana y Canóvanas en Puerto Rico. Con este equipo se inició el montaje del Ingenio Santa Ana, el equipo se ubicó en la finca Cerritos, a 64 kilómetros al sur de la ciudad de Guatemala, en el departamento de Escuintla.

En 1969 se realizó la primera zafra, que realmente fue una prueba, moliéndose 154 973,75 toneladas de caña, produciendo 239 525,00 quintales de azúcar en 136 días. La capacidad instalada en esa época era de 3 500 toneladas. En el año de 1983 ya se molía a razón de 7 500 ton/día. Y fue precisamente en ese año donde se iniciaron varios proyectos encaminados a mejorar la capacidad de la molida y eficiencia.

En 1997, da inicio el servicio de transporte de caña a granel; realizándose la cosecha en forma manual y por razones de adaptación, se transformó en una operación semi-mecanizada, por medio de alzadoras.

Las operaciones de corte de caña se iniciaron en el periodo de 1977 a 1978, en ese mismo periodo se empleaban 1 200 cortadores para cortar 1 000 toneladas de caña diarias, con machete convencional. Posteriormente se inicia el programa de capacitación permanente para el corte de caña.

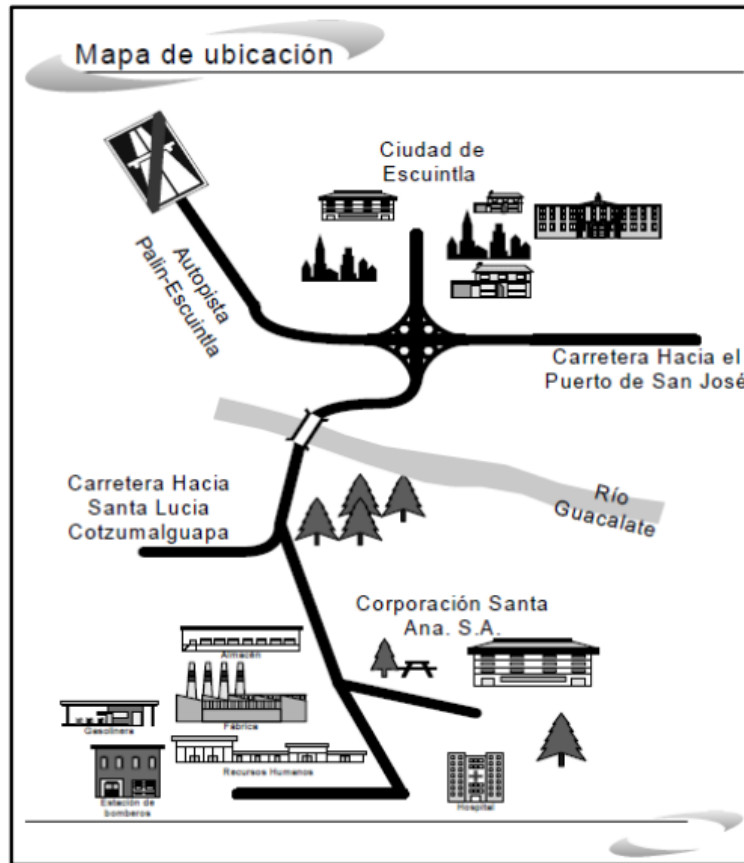
Durante ese mismo periodo se inicia la construcción de módulos habitacionales con todas las comodidades, para albergar a los cortadores de cuadrilla, procedentes del altiplano guatemalteco, a los cuales se les proporciona alimentación abundante en proteínas, complementada con sales de hidratación oral.

1.1.2. Ubicación

Las oficinas administrativas se encuentran situadas en la 12 calle 1-25 zona 10, Edificio Géminis 10 Torre Norte 15vo nivel, ciudad de Guatemala.

La planta de producción del Ingenio Santa Ana está situada en el kilómetro 64.5 carretera a Santa Lucia, interior de la finca Cerritos. El laboratorio de producción del hongo *Metarhizium anisopliae* está situado en el interior de la planta de producción del ingenio Santa Ana.

Figura 1. Mapa de ubicación del Ingenio Santa Ana



Fuente: Departamento de Recursos Humanos, Ingenio Santa Ana. *Manual de código de ética y conducta*. p. 4.

1.1.3. Visión

“Ser una de las organizaciones líderes en la agroindustria azucarera, comprometida con la sociedad y medio ambiente, cuya eficiencia operativa y

financiera genere bienestar para nuestros accionistas, colaboradores, clientes y proveedores”¹.

1.1.4. Misión

“Producir y comercializar azúcar, melaza y energía eléctrica a través del uso eficiente de nuestros recursos, generando desarrollo para mantenernos como una empresa competitiva y rentable en el mercado nacional e internacional”².

1.2. Estructura organizacional

En el inciso 1.2.1. se describe a detalle la estructura organizacional que posee el Ingenio Santa Ana.

1.2.1. Organigrama

La empresa está dividida en 6 importantes áreas; siendo las siguientes:

- Gerencia General

Es la que tiene a su cargo el planeamiento, organización, dirección y control de las actividades de las actividades de la gestión técnica y administrativas de las gerencias de división y a la vez de definir e interpretar las políticas establecidas por la junta directiva.

¹ Grupo Corporativo Santa Ana. *Misión, visión y políticas de calidad e inocuidad*. <http://www.santaana.com.gt/espanol.htm>. Consulta: 2 de diciembre de 2018.

² *Ibíd.*

- Gerencia división agrícola y servicios

Su objetivo principal es el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales para la producción de la caña de azúcar, como también otros productos agrícolas y servicios.

- Gerencia división Industrial

Es la encargada de transformar la caña en azúcar, generar energía eléctrica, como también la comercialización de subproductos como la melaza, bagazo y cachaza.

- Gerencia división recursos humanos

Las principales funciones de la división de recursos humanos es ejecutar la planificación estratégica de los humanos del organigrama, definir sistemas normativos que fije los lineamientos de selección, promoción y selección, con el propósito de lograr la mayor eficiencia.

- Gerencia división financiera

La división financiera tiene las funciones de dirigir y controlar el manejo presupuestal, contable de la organización, generando información confiable y la oportuna toma de decisiones de la administración del ingenio para lograr el objetivo de la organización.

- Gerencia división informática

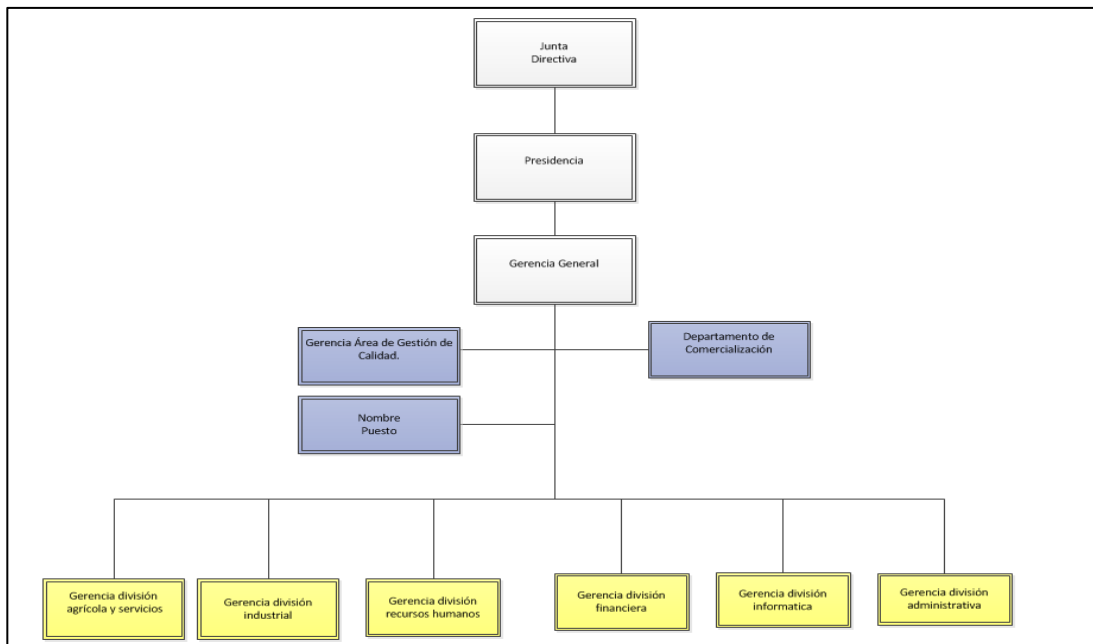
Es una división que se encarga de dar soluciones relacionadas con servicios integrales en tecnología informática, que abarcan los equipos y aplicaciones informáticas, mejorando la competitividad de los clientes.

- Gerencia división administrativa.

Está comprendida por todas las divisiones del ingenio, y esta a su vez tiene como función programar, organizar, dirigir y controlar las actividades.

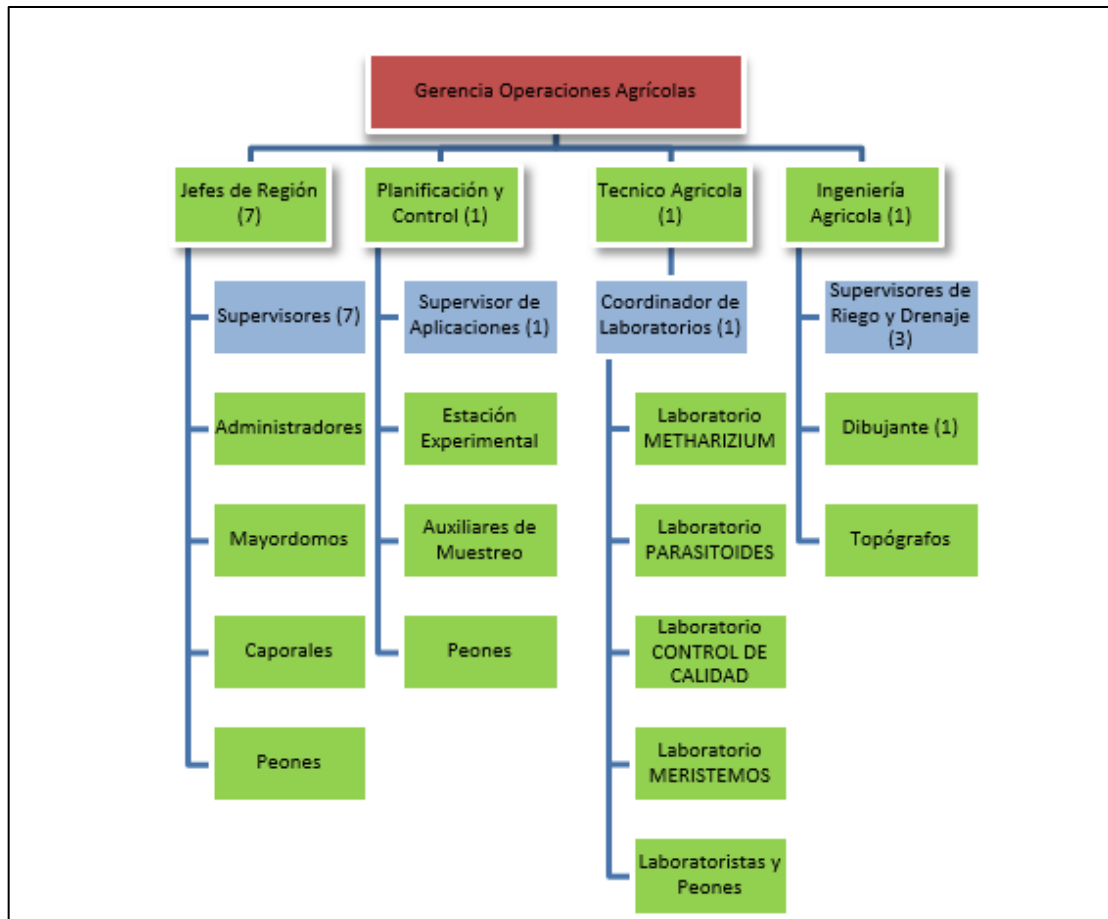
En el proceso productivo de la corporación, se distingue dos periodos diferentes, siendo estos: el de zafra, que comprende de noviembre a abril y el de reparación, que inicia en mayo y finaliza en octubre. Estos dos periodos hacen que varíen las jornadas de trabajo.

Figura 2. **Organigrama general del Ingenio Santa Ana**



Fuente: Departamento de Recursos Humanos, Ingenio Santa Ana. *Manual de inducción*. p. 8.

Figura 3. **Organigrama de la gerencia de la división agrícola y servicios**



Fuente: Departamento de Recursos Humanos, Ingenio Santa Ana. *Manual de inducción*. p. 8.

1.2.2. Licencia sanitaria

Con fecha, 7 de marzo de 2003, el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación emite el Acuerdo Gubernativo número 72-2003, con fundamento en los artículos 183, inciso e, de la Constitución Política de la República de Guatemala; 22 de la ley de Sanidad vegetal y animal, Decreto Número 36-98

del Congreso de la República; y, 130 inciso d) del Código de Salud, Decreto Número 90-97 del Congreso de la República de Guatemala, en él se da a conocer el reglamento para el otorgamiento de licencias sanitarias para el funcionamiento de establecimientos, transporte, importación y exportación de alimentos no procesados de origen vegetal, sus productos y subproductos.

Este reglamento se aplica a lo siguiente:

- Las unidades productivas o establecimientos de producción de alimentos no procesados de origen vegetal.
- Establecimientos de transformación de alimentos no procesados de origen vegetal.
- Almacenadoras, intermediarios y centros de acopio de alimentos no procesados de origen vegetal.
- Vehículos de transporte de alimentos no procesados de origen vegetal.
- Personas individuales u jurídicas relacionadas con la importación y exportación de alimentos no procesados de origen vegetal.

La Licencia de Funcionamiento (LSF), es otorgada por la Dirección de Inocuidad y tiene vigencia de un año contando a partir de su emisión. Para solicitar la LSF, el interesado presentará el formato de solicitud correspondiente, cumpliendo con los requisitos que en el mismo se detallan.

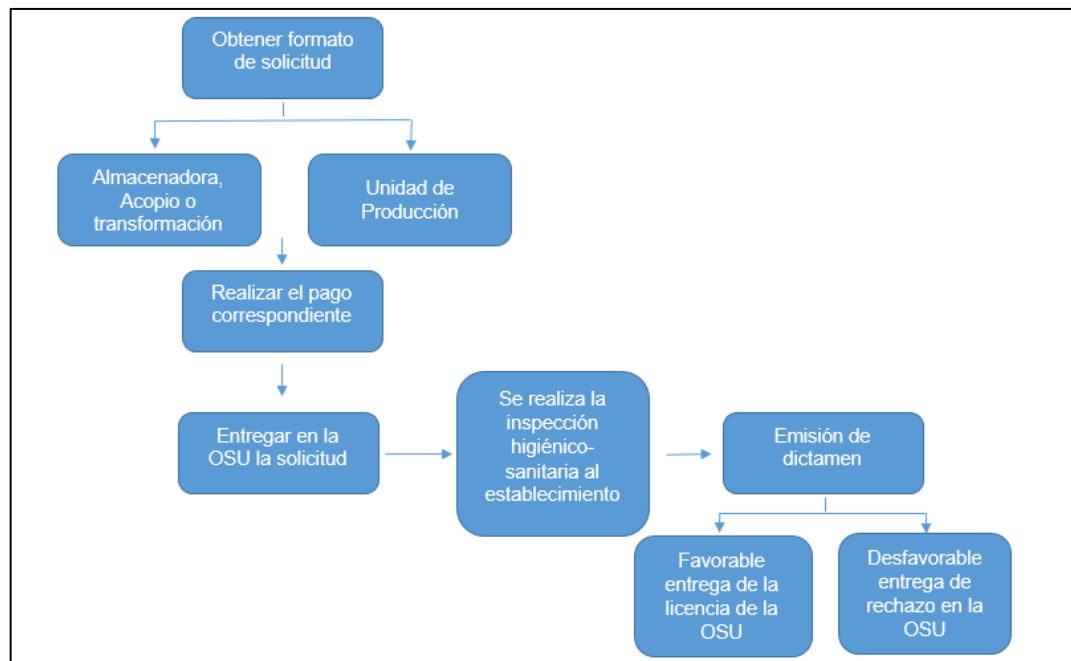
Para renovar la LSF, el interesado debe presentar el formato de solicitud correspondiente a la Dirección de Inocuidad, a través de la Oficina de Servicios

al Usuario (OSU) un mes antes de su vencimiento, debiendo adjuntar el original y fotocopia de su LSF vigente.

La Dirección de Inocuidad, efectuará una inspección higiénico-sanitaria del establecimiento correspondiente, debiendo resolver en un plazo no mayor a 15 días de efectuada la inspección.

De acuerdo a la naturaleza del laboratorio en la producción de *Metarhizium anisopliae*, del Ingenio Santa Ana, cada año deben renovar la licencia sanitaria de funcionamiento, cumpliendo con los requisitos establecidos para el efecto.

Figura 4. **Proceso de gestión de la licencia sanitaria**



Fuente: Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación 2003.

http://asisehace.gt/media/maga%2072-2003_1.pdf. Consulta: 29 de agosto de 2018.

1.2.3. Sistemas de certificación

El ingenio Santa Ana ha logrado las siguientes certificaciones: Sistema de Gestión de la calidad ISO 9001:2008, Sistema de Gestión de Inocuidad Alimentaria HACCP, KOSHER, FSSC 22000 (Food Safety System Certification 22000).

Tabla I. Sistema de certificación

Certificación	Sistema	Sistema de Gestión de Inocuidad Alimentaria HACCP	KOSHER	FSSC 22000 (Food Safety System Certification 2200)
Fecha de certificación	30 de abril de 2008.	16 de junio de 2009	19 de noviembre de 2013.	22 de abril 2013
Alcance de certificación	Producción y venta de azúcar, sus derivados y energía eléctrica.	Producción de azúcar refinada desde recepción de azúcar blanco estándar hasta la entrega de producto terminado.	Producción de azúcar y sus derivados desde la recepción de caña hasta la entrega de producto terminado.	Producción de azúcar blanca estándar y melaza desde la recepción de caña en el patio hasta la entrega del producto terminado.

Fuente: Departamento de Recursos Humanos, Ingenio Santa Ana. *Manual de Inducción, conociendo mi ingenio.* p. 10.

1.2.4. Normas generales

Cada día son más los códigos de conducta empresariales que existen a nivel mundial. Algunos surgieron por preocupaciones de los consumidores, otros por iniciativas empresariales. Todos ellos han originado un número de iniciativas de etiquetado o de certificación. Algunos de ellos fueron realizados por las ONG, por el sector empresarial o instituciones gubernamentales.

Muchos hacen referencia a acuerdos y convenciones internacionales, a veces traduciéndolos en normas verificables para su aplicación directa por los productores o los comerciantes.

1.2.5. Políticas de calidad e inocuidad

“En grupo corporativo Santa Ana somos una organización líder en la agroindustria azucarera de Guatemala, comprometida con la mejora continua y comunicación efectiva, para la producción de azúcar, melaza y energía eléctrica.

Nuestros procesos cumplen los requisitos legales, reglamentarios y normativos de calidad e inocuidad, requeridos por nuestros clientes y otras partes interesadas”³.

1.3. Generalidades del laboratorio

La información generada en la presente investigación fue obtenida del laboratorio del Ingenio Santa Ana, donde se produce y se realiza la producción del hongo *Metarhizium anisopliae*.

1.3.1. Distribución del trabajo

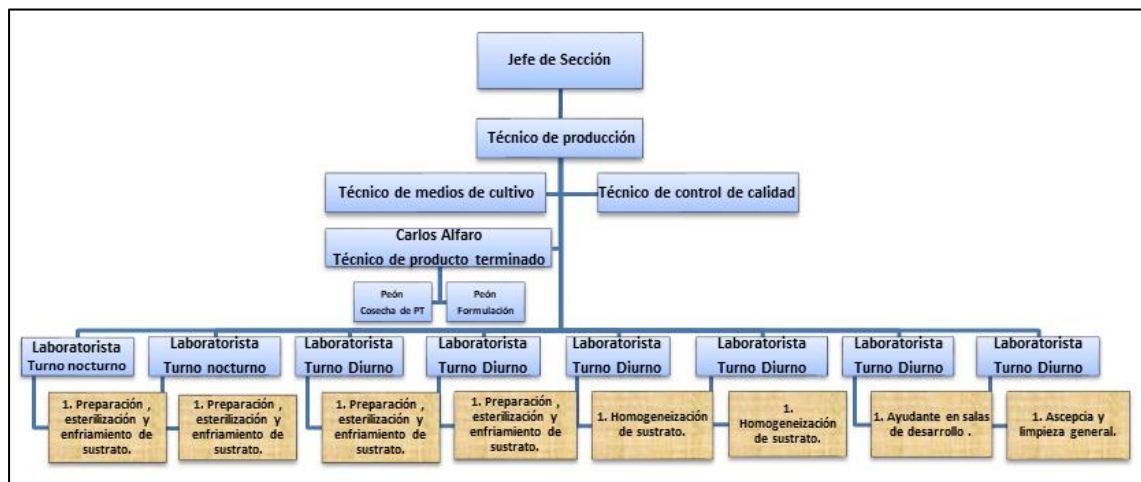
El laboratorio donde se produce el hongo *Metarhizium anisopliae*, está distribuido en áreas de trabajo; como lo son: sala de desarrollo, sala de enfriamiento, sala de esterilización, control de calidad, sala de inoculación, sala de clonación, sala de agitadores, cabina externa, sala de bandejas y sala de secado de granos.

³ Departamento de Recursos Humanos, Ingenio Santa Ana. *Política de calidad e inocuidad proporcionada por el Ingenio Santa Ana*. p. 12.

1.3.2. Organigrama

A continuación se muestra el esquema de la organización del laboratorio, este permite analizar la estructura de la organización en forma gráfica, y está formada por ocho laboratoristas, un técnico de producto terminado con dos operativos; un técnico de medios de cultivo, un técnico de control de calidad, un técnico de producción y un técnico de jefe de sección como se muestra en la figura 5.

Figura 5. Organigrama del Laboratorio de *Metarhizium anisopliae*



Fuente: Departamento de Recursos Humanos, Ingenio Santa Ana. *Comunicación personal*. p. 10.

1.3.3. Materia prima

El laboratorio donde se produce el hongo *Metarhizium anisopliae*, se considera la trazabilidad en la materia prima como muy importante debido a que permite conocer qué materias primas y qué operarios han estado en el proceso y elaboración del hongo dentro del laboratorio.

Esto es necesario para localizar y conocer de forma eficaz y segura, sobre cualquier desviación que se genere y de la misma manera conocer qué materia prima pudo haber ocasionado algún problema en el proceso de producción o bien para la mejora continua.

El laboratorio posee una gran variedad de materia prima para la preparación de sustrato para la producción comercial de *Metarhizium anisopliae*, porque son muchos los materiales utilizados para la fabricación de dicho producto, la materia prima que se utiliza es la siguiente:

- Semilla de haba

Ingrediente para la preparación del medio de cultivo sólido que es utilizado para la clonación de la cepa en cajas Petri. Tiene un alto contenido proteico mejorando así el crecimiento de las colonias.

- Agar para microbiología

Solidificante de grado microbiológico utilizado para la preparación de medio de cultivo en cajas Petri.

- Papa dextrosa agar PDA

Medio de cultivo preparado utilizado para la elaboración de placas de monitoreo de calidad de sustratos, medios líquidos y ambientes. Combinado con extracto de levadura permite la identificación de hongos y bacterias oportunistas.

- Maíz amarillo quebrantado al 12 % de humedad

Es utilizado como sustrato para la producción comercial debido a su disponibilidad y valor nutricional. Su alto grado proteico y granulometría permiten un desarrollo eficiente de la cepa.

- Hipoclorito de sodio

Es utilizado para el proceso de imbibición en frío del sustrato. Previene el crecimiento bacteriano en el mismo antes de ingresar al área de esterilización. Se utiliza el producto comercial que viene a 4 % a una dosis de 5 gotas por galón de agua.

- Bolsa tipo PPO autoclavable

Es utilizada para llevar a cabo el proceso de esterilización del maíz. Está hecha de polipropileno con un grosor de 20 micras en cada lado. Totalmente impermeable hace posible la cocción del grano y su transparencia permite un mejor control visual del crecimiento de la cepa así como la temprana detección de contaminantes.

- Cinta testigo

Adhesivo en cinta que se coloca en cada una de las bolsas tipo PPO conteniendo el sustrato. Tiene un compuesto en bandas que se torna oscuro al entrar en contacto con él, permite asegurar la esterilización del producto.

- Ciprofloxacina BP compactada

Antibiótico de amplio espectro de grado analítico utilizado para la prevención de crecimiento bacteriano en los medios sólidos y líquidos.

- Sulfato de estreptomicina

Antibiótico de amplio espectro de grado analítico utilizado para la prevención de crecimiento bacteriano en los medios sólidos y líquidos.

- Glucosa anhidro

Molécula de azúcar para uso bioquímico, es utilizada en la preparación de medios líquidos (Matrices) para la obtención de blastósporos. Permite una mejor descomposición del sustrato (maíz).

- Peptona de caseína (Tryptona)

Enzimas obtenidas por digestión pancreática para uso microbiológico, es utilizada en la preparación de medios líquidos (Matrices) para la obtención de blastósporos. Permite una mejor descomposición del sustrato (maíz).

- Extracto de levadura

En gránulos para uso microbiológico, es utilizada en la preparación de medios líquidos (Matrices) para la obtención de blastósporos. Permite una mejor descomposición del sustrato (maíz).

- Algodón genérico

Utilizado para la elaboración de tapones para matrices líquidas. (Erlenmeyer). Es autoclavable y permite el paso del vapor, este evita derrames del medio al momento de la esterilización.

1.3.4. Descripción de material de empaque

Los conidios de *Metarhizium anisopliae*, pasan por una fase de deshidratación previa para garantizar su supervivencia en el almacenaje en frío. Al entrar en latencia deben de estar protegidos de la luz y en especial de la humedad, esto activaría su respiración normal e iniciaría con el proceso de germinación y podría morir al no encontrar alimento disponible.

El material de empaque utilizado es el siguiente:

- Bolsa de papel kraft

El papel kraft es de uso comercial, degradable y su permeabilidad permite el paso del aire lentamente a través de sus capas, manteniendo seco el producto. Tienen capacidad para veinte kilogramos y se cosen con hilo de cáñamo.

Cada una es debidamente identificada con el número de lote, el peso estándar y la fecha de ingreso al cuarto frío. Seguidamente son estibadas sobre tarimas de madera. Al momento de la cosecha se determina la viabilidad del lote y partir de los treinta días de almacenamiento se extrae una muestra del producto mensualmente.

- Grapa estándar

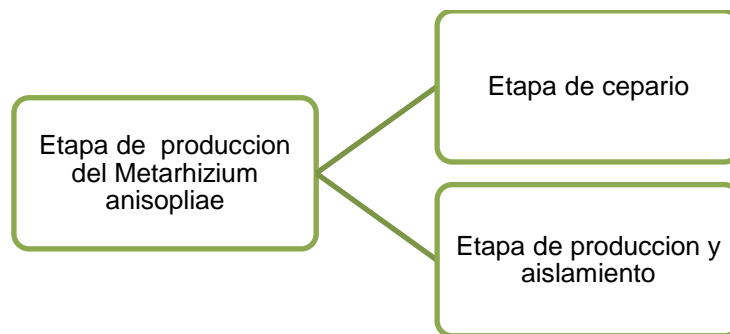
De metal genérico, utilizada para sellar la bolsa tipo PPO conteniendo el sustrato.

2. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

2.1. Proceso de producción

El proceso de producción del hongo entomopatógeno *Metarhizium anisopliae* en el laboratorio del Ingenio Santa Ana, está organizado por etapas, la de cepario y la de producción y la de aislamiento; en la de cepario se obtienen nuevas cepas que se dan a partir de la recolección de muestras de campo (chinche salivosa infectadas con el hongo), esta etapa comprende el aislamiento e incremento de la cepa; mientras en la etapa de producción se da la preparación de los substratos, inoculación e incubación.

Figura 6. Etapa de producción



Fuente: elaboración propia.

En la etapa de aislamiento e incremento es la más importante en el proceso de producción de la cepa y consiste en obtener la cantidad adecuada de inóculo que permita mantener una producción constante de conidios.

2.1.1. Producción del hongo *Metarhizium anisopliae*

La fase de producción del hongo *Metarhizium anisopliae*, comprendiendo todos los pasos necesarios para obtener conidios de la cepa seleccionada. La cantidad de conidios producidos dependerá de la capacidad de las instalaciones, del rendimiento de la cepa producida, del manejo del hongo durante la etapa de incubación y del control de factores como iluminación, temperatura y también depende del refrescamiento genético que se hace anualmente para mantener el vigor de la cepa cuando hay poblaciones de chinche salivosa en el campo. La fase de producción de conidios comprende la preparación del medio de cultivo, la preparación de la suspensión inoculadora, la inoculación y preincubación, la incubación, el secado y el almacenamiento.

Actualmente la producción del hongo *Metarhizium anisopliae* en el Ingenio Santa Ana, se realiza durante los meses de febrero a julio con una eficiencia del 0,90 % y una viabilidad del 0,97 %.

Tabla II. **Concentración de conidios**

Dosis Comercial (Venta)	Dosis para aplicación en campo aéreo y terrestre (Formulación granulada)	Dosis para aplicación en campo para aporque (Formulación granulada)	Dosis para aplicación en campo (Formulación líquida)
5.00E+12	5.00E+13	5.00E+13	1.00E+14

Fuente: Laboratorio de producción del hongo *Metarhizium anisopliae*, Ingenio Santa Ana.

Manual de inducción. p. 11

2.1.2. Descripción del proceso

Para entender el proceso es necesario realizar una descripción detallada del proceso.

2.1.2.1. Recolección de muestras de campo

Se recolectan en el campo insectos (chinche salivosa) que no estén infectados de aplicaciones de *Metarhizium anisopliae* o pesticidas, los cuales deberán ser manipulados lo mejor posible y colocarlos en una hielera con suficiente alimento, donde luego serán desinfectados, con hipoclorito de sodio al 0,5 %, para luego ser enjuagados en agua destilada estéril, una vez completado lo anterior se deben de poner los insectos muertos en cámaras húmedas estériles.

Una cámara húmeda estéril consiste en una caja de Petri con papel absorbente en el fondo donde se deben colocar dos portaobjetos en forma circular, colocando los insectos a inocular, estas cámaras se deberán revisar diariamente para evitar que el papel absorbente se seque. Una vez se logra la esporulación sobre el insecto con el hongo *Metarhizium anisopliae* se procede al aislamiento.

2.1.2.2. Aislamiento

Para el proceso del aislamiento e incremento del hongo se toman los insectos de la cámara húmeda, estos insectos deben presentar una esporulación uniforme, esta debe de provenir de la unión de las placas del cuerpo, es necesario el aislamiento para inducir al crecimiento de los conidios.

El paso de aislamiento puede hacerse de diversas maneras, entre las más comunes están:

- Aislamiento por dilución seriada
- Aislamiento directo

El aislamiento directo es el utilizado por el laboratorio, este consiste en la obtención directa del hongo a partir del cuerpo del insecto, donde se debe de hacer una esterilización externa al insecto, usando productos químicos como el hipoclorito de sodio durante 2 minutos y luego agua estilada.

El aislamiento se efectúa en cajas de Petri contenidas de papa dextrosa agar, a esta se le adiciona extracto de levadura para acelerar la esporulación, se utiliza un asa bacteriológica para la extracción y siembra de los conidios en las cajas Petri. Las cuales van selladas con papel parafilm, para luego ser colocadas en incubadoras con luz permanentes a una temperatura de 27⁰C.

2.1.2.3. Incubación de cultivo

En los cultivos puros o incubación de los cultivos, es donde se inicia el proceso de crecimiento y reproducción del hongo, este proceso se utiliza para la inoculación de los substratos. Estos cultivos puros se obtienen por medio de la fase de aislamiento, esta debe ser reciente y con las características de patogenicidad del insecto parasitado seleccionado, este se siembra un aislamiento en medio de haba, y recibe el nombre de réplica 1 (RI).

Para la elaboración de la réplica 1 (RI) es necesario elaborar conidios los cuales se obtienen de los insectos recolectados en campo, los cuales se inoculan con la cepa seleccionada parasitada provenientes de ninfas o adultos de chinche salivosa revigorizados bajo condiciones del laboratorio.

Es necesario la reactivación de la cepa seleccionada por lo menos dos veces al año y así poder mantener las características de este organismo; la reactivación consiste en la inoculación del hongo en insectos, el insecto a controlar en el laboratorio es la chinche salivosa (*Aeneolamia* sp). Cuando se

obtiene el hongo revigorizado este es almacenado en una solución de conidios más leche descremada, en tubos de ensayo conteniendo silica gel. Es una técnica para preservar cepas por años sin que pierdan viabilidad. De esta silica se hace un nuevo aislamiento en medio de haba, que es conocido como réplica 2 (RII).

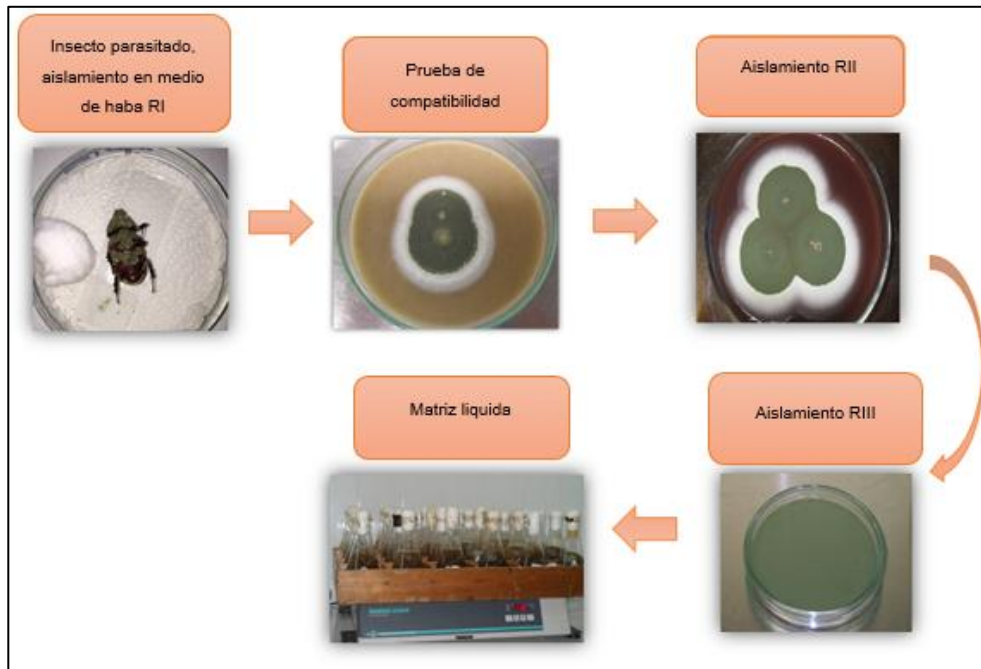
Esta replicas se elaboran con medio elaborado de papa dextrosa agar (PDA) o medio de haba. Se necesita raspar la superficie de una de las placas de la réplica 1 (RI) con una espátula y colocar los conidios dentro de bolsas, donde se deja crecer por 15 días, en foto fase de 12 horas a 26 °C.

2.1.2.4. Matrices y preparación del sustrato

En esta fase es donde se da la reproducción masiva del hongo, se utiliza un aislamiento de réplica 3 (RIII) o placa llena, una pre matriz que consiste en una caja de Petri conteniendo un medio de haba, esta se prepara con semilla de haba a razón de 70 gramos, 22 gramos de glucosa, 12 gramos de agar microbiológico y con un litro de agua desmineralizada estéril, seguidamente se dosifica a razón de 25 mililitros de la solución por caja. Sobre el medio se siembran los conidios de una placa proveniente del aislamiento de la réplica 2 (RII).

Las placas llenas de la réplica 3 (RIII) son incubadas por 12 días a una temperatura de 26 °C con fotoperiodo. Al concluir el tiempo de crecimiento el hongo esporulado es extraído de las placas con ayuda de una cuchara metálica. Estos son almacenados en bolsas de papel kraft estériles. Se procede a secar los conidios por cinco días y luego se almacenan a una temperatura de 4°C. Hasta la preparación de las matrices líquidas.

Figura 7. **Etapas de producción de RI, RII y RIII**



Fuente: Laboratorio de producción del hongo *Metarhizium anisopliae*, Ingenio Santa Ana.
Manual de inducción. p. 11.

2.1.2.5. Inoculación de bolsas

Se debe desinfectar la sala de inoculación y la cámara de flujo laminar con una solución de virkon's al 1 % y luego con una solución de cloro al 0,2 %, sobre un agitador magnético colocar una matriz líquida certificada, introduciéndole una capsula para agitador magnético, adicionar 500 mg de sulfato de estreptomicina y 500 mg de ciprofloxacina.

Las bolsas que contiene el sustrato estéril, son colocadas en la cámara en forma vertical, seguidamente se inoculan a razón de 17 mililitros por cada

una, la perforación es sellada con *masking tape* y son debidamente identificadas con la fecha, lote y código de matriz utilizada.

- Desarrollo de bolsas

Las bolsas inoculadas son llevadas a la sala de crecimiento, donde un laboratorista las agita vigorosamente, luego son colocadas en forma vertical en los estantes debidamente desinfectados. Diariamente se hace una revisión para seleccionar las bolsas de buena calidad y descartar aquellas que presenten contaminante y crecimiento lento.

Transcurridos los cuatro días después de la inoculación se hace un movimiento en la bolsa, esto con el fin de quebrar el sustrato colonizado y permitir que las partes sin crecimiento se oxigenen. Cuatro días después del primer movimiento de bolsa (8 días después de la inoculación) se realiza una nueva agitación manual para estimular la formación de conidios.

Durante el día doce después de la inoculación se hace una revisión general de las bolsas, si presentan una esporulación homogénea son colocadas en canastas y son llevadas a la sala de secado.

Figura 8. **Desarrollo de bolsas inoculadas**



Fuente: Laboratorio de producción del hongo *Metarhizium anisopliae*, Ingenio Santa Ana.
Manual de inducción. p. 15.

- **Secado y almacenamiento**

Como se mencionó anteriormente, las bolsas completamente esporuladas provenientes del cuarto de crecimiento, son llevadas al cuarto de secado, donde se saca el contenido sobre bandejas plásticas en grupos de cuatro. Cada bandeja es llevada a la sala de secado a una temperatura de 26°C y una humedad relativa menor al 20 % durante cinco días. Este paso se hace para que el hongo pueda resistir durante mayor tiempo a las condiciones de almacenamiento.

Durante el quinto día de secado se toma una porción del hongo proveniente de las bandejas de secado, si este tiene un contenido de humedad

del 17 % ya puede ser almacenado; previamente se toma una muestra del 10 % del total de bandejas al azar esto para determinar el rendimiento de conidios por gramo y la viabilidad del lote.

El almacenamiento podrá realizarse a una temperatura de 4 °C, en un cuarto oscuro y de preferencia con baja humedad relativa. Cada bolsa es debidamente identificada con la fecha de empaque, la cepa y el código del lote.

Figura 9. **Proceso de secado y almacenado *Metarhizium anisopliae***



Fuente: Laboratorio de producción del hongo *Metarhizium anisopliae*, Ingenio Santa Ana.
Manual de inducción. p. 13.

- Despacho y formulación de producto terminado

Las dosis producidas por el laboratorio son entregadas a la bodega núm. 37 que es la bodega que almacena el producto terminado de cada unidad de producción. Se hace un traslado en papel, firmado por el Jefe de Sección, este es verificado por el bodeguero para corroborar la cantidad descrita. Al hacer la revisión respectiva y estar todo en orden, el traslado es ingresado al sistema para hacer las entregas a cada una de las fincas cuando lo requieran.

Si la formulación es granulada, el hongo se despacha directamente en la bolsa de papel *kraft*, a esta se le adhiere el certificado de calidad con los datos

del lote despachado para que el usuario del producto pueda saber que dosis debe aplicar.

Si la formulación es líquida, el hongo debe de pasar por un proceso de lavado, que es realizado en una mezcladora, a razón de 2 mililitros de agua más Tween 20 (5 gotas por galón) por cada gramo de producto comercial. Durante 40 minutos se agita para separar los conidios del grano, seguidamente se cuela y la solución de hongo más agua es colocada en toneles a 4 °C durante tres días para que los conidios se sedimenten. Pasado el tiempo correspondiente se extrae el agua sobrenadante y al hongo colectado se le llama lodo. Este es colocado en un nuevo recipiente, inmediatamente se toma una muestra para hacer un nuevo conteo de conidios y estimar la concentración contenida por cada mililitro y poder hacer el certificado de calidad para el cliente. Este es envasado en recipientes plásticos con tapadera, de uso exclusivo para hongo. Todo es almacenado en frío a 4 °C.

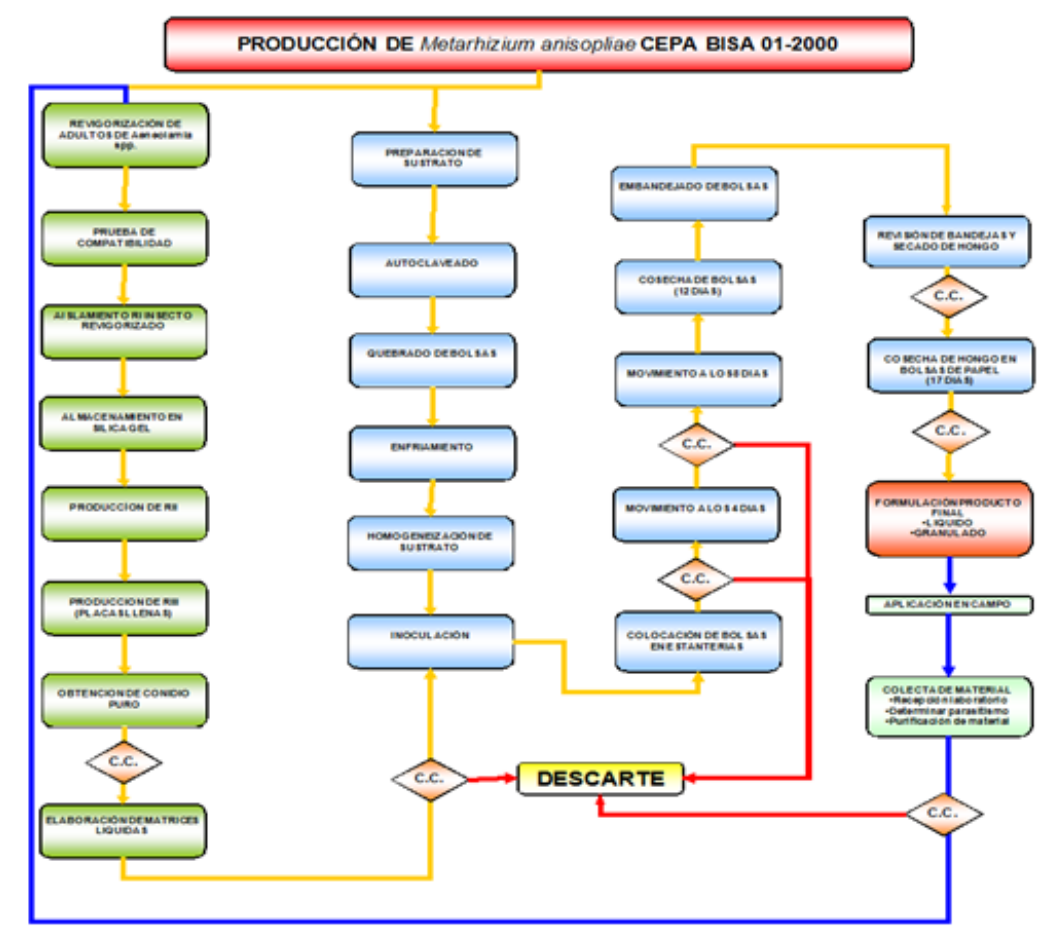
En cada entrega de producto comercial se lleva el control con los traslados a las bodegas de las fincas. El laboratorio solo formula pero el despacho lo hace el bodeguero, esto para mantener la trazabilidad en el movimiento de cada uno de los artículos.

En el caso de las ventas a terceros, estos deben de solicitar una cotización y generar una orden de compra la cual es previamente autorizada por el Gerente Administrativo y el Gerente de Operaciones Agrícolas. Al recibir el Jefe del Departamento la solicitud lo revisa y traslada al bodeguero de los laboratorios, que hace el trámite juntamente con Auditoría Interna para el despacho del producto terminado.

2.1.3. Diagrama de operaciones

El siguiente diagrama de operación muestra las operaciones en forma específica y cronológicamente las operaciones necesarias para realizar una determinada actividad, abarcando desde la llegada de la materia prima, material de empaque y la aplicación en campo.

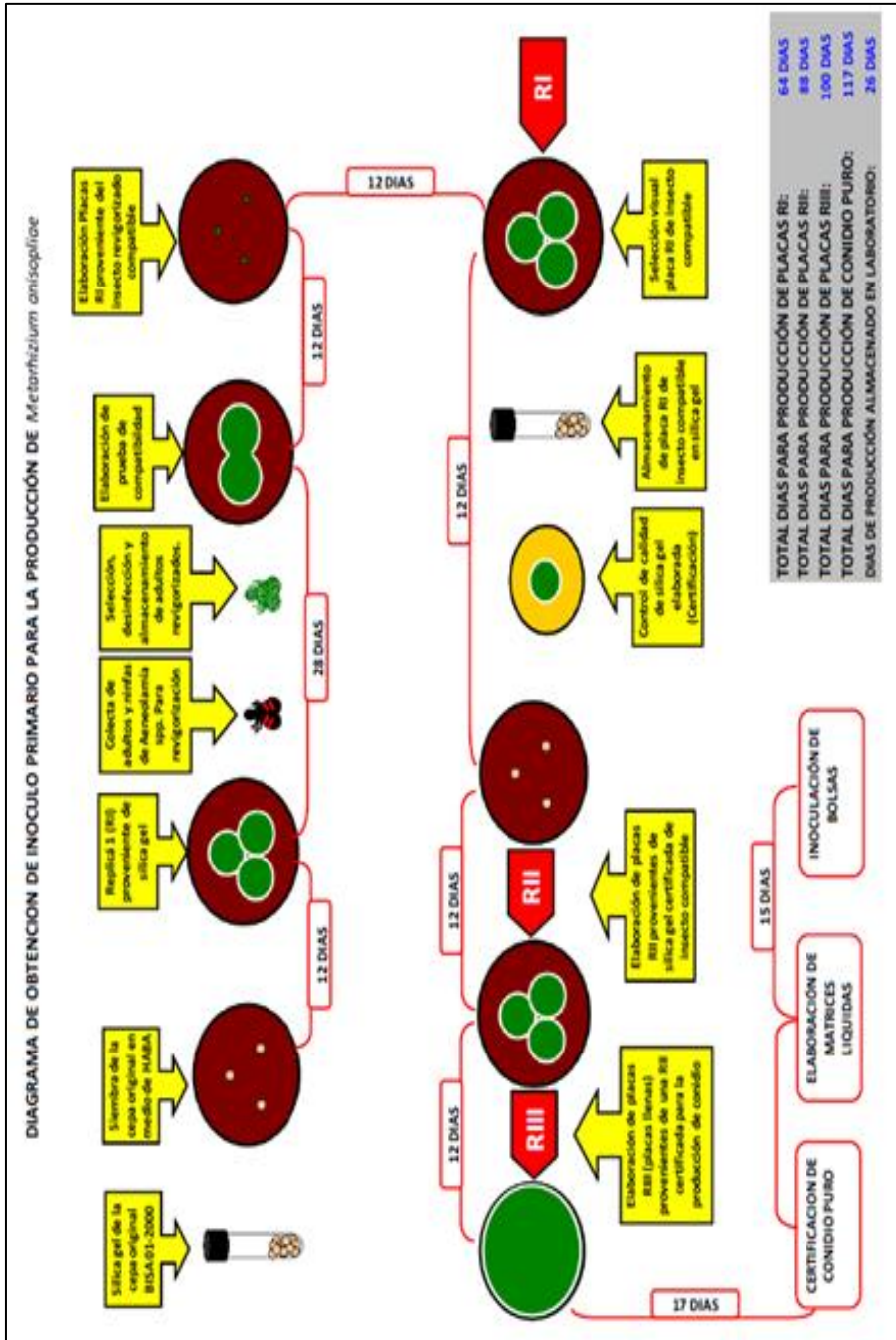
Figura 10. Diagrama de operaciones de *Metarhizium Asilopae*



Fuente: Laboratorio de producción del hongo *Metarhizium anisopliae* del Ingenio Santa. Ana.

Manual de inducción. p. 13.

Figura 11. Diagrama de operación, obtención de inóculo



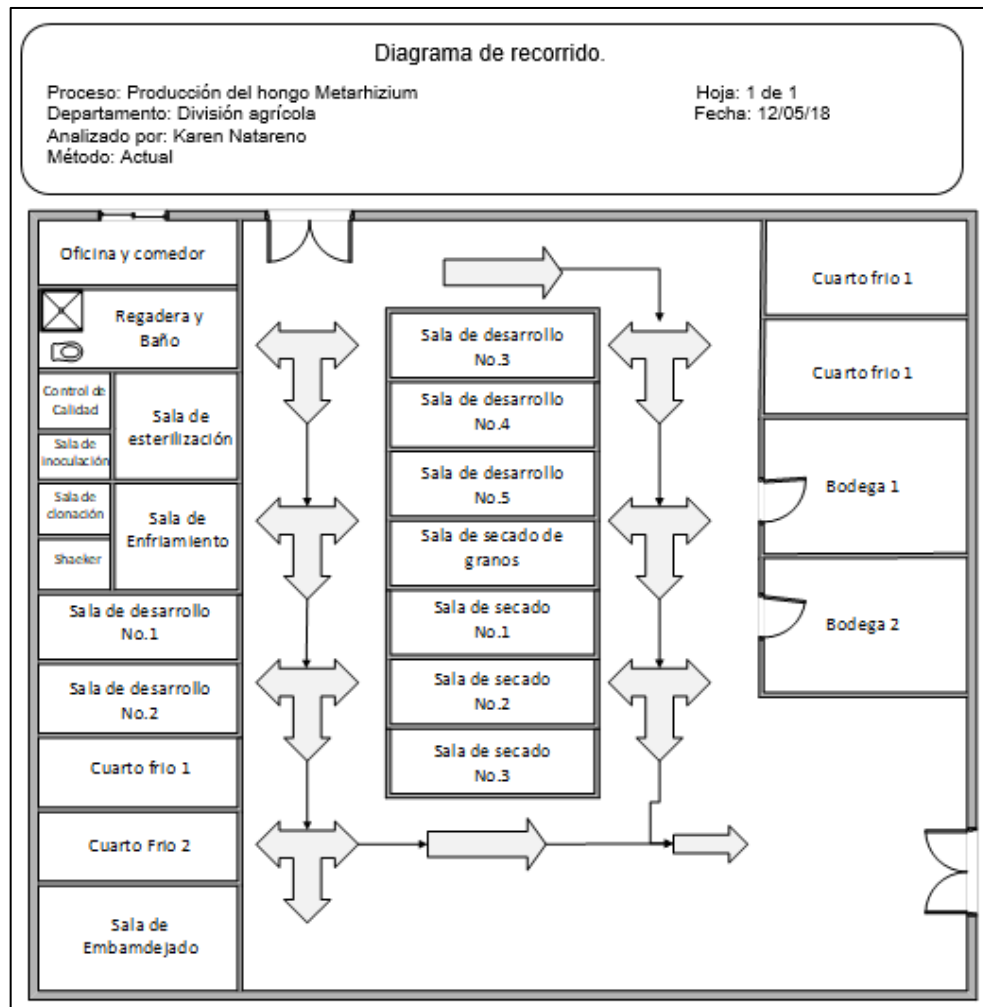
Fuente: Laboratorio de producción del hongo *Metarhizium anisopliae*, Ingenio Santa Ana.

Manual de inducción. p. 14.

2.1.4. Diagrama de recorrido

Se presenta a continuación el diagrama de recorrido del laboratorio de *Metarhizium anisopliae*, en el ingenio Santa Ana, este muestra la posición de equipo y los puestos de trabajo.

Figura 12. Diagrama de recorrido



Fuente: elaboración propia, empleando Visio 2016.

2.1.5. Registros y controles

Para el registro y control del laboratorio donde se produce el hongo *Metarhizium anisopliae*, es necesario cumplir con procedimientos operativos a su función de acuerdo a las normas de certificación, inventario, almacenamiento, ejecución de pruebas, programación de suministro de insumos, programación de mantenimiento de equipos.

En aspectos generales, el laboratorio debe de cumplir con los siguientes requisitos de acuerdo a las normas de certificación como lo es el Sistema de Gestión de la calidad, para demostrar que está cumpliendo con los requisitos estableciendo, siendo ellos:

- Organización y administración
- Sistemas de calidad y auditoría
- Personal
- Distribución y medio ambiente
- Instrumentos y equipo de medición
- Métodos de medición y/o pruebas
- Manejo de equipos a calibrar y/o muestras a ensayar
- Registros

2.2. Evaluación del edificio e instalaciones

Actualmente las instalaciones del laboratorio de *Metarhizium anisopliae* están ubicadas sobre una antigua báscula, y está situada a la par de la división industrial del ingenio Santa Ana, siendo un lugar poco adecuado para un laboratorio de reproducción de hongo entomopatógeno, por la exposición de contaminantes como el polvo

2.2.1. Descripción del laboratorio

El laboratorio de producción de hongo *Metarhizium anisopliae* en Ingenio Santa Ana tiene como objetivo la reproducción y formulación del mismo, que es utilizado para el control biológico de las principales plagas en el cultivo de caña de azúcar.

2.2.2. Distribución del laboratorio y almacenamiento

El laboratorio está distribuido de la siguiente manera: sala de desarrollo núm.1, sala de desarrollo núm. 2, sala de desarrollo núm. 3, sala de desarrollo núm. 4, sala de desarrollo núm. 5, sala de desarrollo núm. 6, sala de enfriamiento, sala de esterilización, control de calidad, sala de inoculación, sala de clonación, sala de agitadores, cuarto frío 1, cuarto frío 2, cuarto frío 3, cuarto frío 4, cabina externa, sala de bandejas, sala de secado de granos, sala de secado de hongo núm. 1, sala de secado de hongo núm. 2, sala de secado de hongo núm. 3, bodega 1 y bodega 2.

2.2.3. Evaluación de la seguridad e higiene industrial

La seguridad e higiene es muy importante en el laboratorio, y tiene como objetivo proteger la salud de sus trabajadores por medio de equipos de protección personal. El laboratorio de *Metarhizium anisopliae* cuenta con un protocolo de ingreso para sus trabajadores, y se describe a continuación:

- Desinfectar los zapatos en el pediluvio antes de ingresar al laboratorio. No se permite el ingreso de calzado sucio. Dejar el calzado dentro del mueble y colocarse el calzado del laboratorio.

- Pasar por la cortina de aire durante 30 segundos para eliminar el polvo en ropa y cabello.
- Tomar una cantidad suficiente de alcohol gel para desinfectar las manos y antebrazos.
- Seguidamente colocarse bajo la lámpara de luz ultravioleta (254 nanómetros) para eliminar contaminantes durante un período de 30 segundos y colocar sus pertenencias dentro del locker asignado.
- Ducharse utilizando jabón antibacterial.
- Colocarse el uniforme limpio y estéril (gorro, tapabocas, filipina y pantalón). No dejar el jabón, shampoo ni ropa dentro de la sala de ducha.
- Desinfectarse las manos y antebrazo con jabón antibacterial y suficiente agua dos veces, cepillarse las uñas. Colocarse los guantes de latex.
- El visitante tiene acceso únicamente a las áreas autorizadas por el encargado de área.
- No utilizar cadenas, relojes, anillos, pulseras, aretes, maquillaje, perfume ni esmalte en las uñas, estas últimas deben estar debidamente recortadas.
- Para el personal que viene a realizar algún trabajo de mantenimiento a equipos o unidades de aire acondicionado es obligatorio cumplir con los pasos del protocolo de ingreso del personal que labora en el laboratorio.

2.2.3.1. Identificación de factores de riesgos

A continuación se presenta una tabla donde se identifica la información técnica del hongo *Metarhizium anisopliae*.

Tabla III. Identificación de riesgos

Identificación de factores de riesgos.	Si	No	No aplica	Ninguna
Libre de contaminantes microbiológicos	X			
Adhesividad		X		
Fitotoxicidad				X
Irritación cutánea, ocular y parenteral aguda				X
Toxicidad crónica oral			X	
Oncogenicidad			X	
Formación de anticuerpos			X	
Síntomas de intoxicación y/o enfermedad y primeros auxilios.			X	
Efectos en el organismo			X	
Antídoto y tratamiento médico			X	
Observación directa en casos accidentales			x	
Efectos tóxicos del agente ,microbiológico formulado				x
Patogenicidad oral de una sola dosis en aves				x
Patogenicidad en peces de agua dulce o marinos				x
Contamina el medio ambiente y afecta al hombre		X		

Fuente: elaboración propia.

3. PROPUESTA DEL SISTEMA DE TRAZABILIDAD

3.1. Descripción de trazabilidad

Un buen sistema de trazabilidad debe de tener toda la información necesaria del proceso de producción, también debe de proporcionar la información dentro de la empresa con el fin de facilitar la gestión y el control de las distintas actividades, ante la aparición de problemas; facilitando la labor de control no solo de la administración, sino también del servicio a clientes externos.

La implementación de un sistema de trazabilidad se puede hacer mediante sistemas identificativos y marcajes como el código de barras, etiquetas con el fin de facilitar la localización o rastreo de un producto alimenticio.

3.1.1. Consideraciones destacables para proponer un sistema de trazabilidad

Para la propuesta de un sistema de trazabilidad, es necesario contar con procedimientos para identificar de manera única todos los lotes de producto fabricado, estos procedimientos deberán de identificar a las personas o empresas que se le haya suministrado.

Todos los productos deben proporcionar adecuadamente la información necesaria, con el fin de facilitar la gestión y el control de las distintas

actividades, por ese motivo deberán de estar etiquetados o identificados para facilitar su trazabilidad.

3.1.2. Fases consideradas para la implementación de un sistema de trazabilidad

- Estudio de los sistemas de archivos

Se debe realizar una revisión detallada de los archivos, antes de proponer un sistema de trazabilidad, considerándose que un buen sistema de trazabilidad es aquel que encaja con todas sus actividades y lleve un registro de toda la información necesaria.

- Definición del ámbito de aplicación

Se analizan tres áreas de la trazabilidad, que permitan definir el ámbito de la aplicación, las cuales son: trazabilidad hacia atrás, trazabilidad interna y trazabilidad hacia adelante.

- Establecimiento de los registros y documentación necesaria

Para el establecimiento de los registros y documentación del sistema de trazabilidad en una empresa se debe de incluir.

- Descripción del sistema y ámbito de la aplicación
- Registro de las operaciones efectuadas
- Realizar ejercicios de simulacro de rastreo
- Registrar de la información necesaria y procedimientos
- Revisión y actualización de sistemas a utilizar

- Establecer mecanismos de validación y verificación por parte de la empresa.

Es importante realizar una revisión del actual sistema de trazabilidad para verificar su funcionamiento. Al establecer los mecanismos de validación y verificación se considerara la exactitud de información almacenada en el menor tiempo posible de respuesta.

Se revisaran los procedimientos para la localización, inmovilización y, en su caso, retiro de productos, considerando el proceso de trabajo y los actores que participan en su ejecución.

3.1.3. Análisis de la trazabilidad

Un sistema de trazabilidad permite identificar, encontrar y seguir el rastreo, de un producto, donde lleva a todas sus posibles rutas de transformación desde la adquisición de la materia prima, transformación, hasta el momento que llega a su consumidor final.

3.1.3.1. Trazabilidad hacia atrás

También conocida como trazabilidad de proveedores, este tipo de trazabilidad se refiere a la recepción de la materia prima a utilizar para la producción del hongo *Metarhizium*, esta debe de tomar toda la información necesaria desde el momento en que son recibidas en el laboratorio.

La información que se desea obtener es la siguiente:

- De quién se recibe los productos, se debe de hacer una lista con los datos de los proveedores que incluya; nombre, dirección, teléfono, persona de contacto las 24 horas.

- Qué se ha recibido exactamente, se tendrá que registrar el número de lote, número de identificación de la materia prima que ingresa al laboratorio y deberá de incluir: fecha de vencimiento, ingredientes, controles de calidad.
- Fecha de recepción, deberá registrarse la fecha en la que se recibió la materia prima.
- Qué se hizo con los productos al recibirlo, Registrar en donde se almacenaron, la dimensión y peso de la materia prima almacenada.

3.1.3.2. Trazabilidad descendente

También conocida como trazabilidad hacia delante, es la identificación y seguimiento de las entregas a los clientes, evaluándose los registros de cada producto que se entrega y a quien se lo entrega.

La información que se desea evaluar es la siguiente:

- A quien se lo entrega, el laboratorio debe de registrar los detalladamente la salida del producto en bodega y registrar cualquier medio de contacto (nombre, código de la finca a recibir aplicaciones de *Metarhizium anisopliae*).
- Que se ha vendido exactamente, se registrará el número de lote, número de código del producto, cantidad entregada, cada producto entregado debe de llevar el certificado de control de calidad.

3.1.3.3. Trazabilidad en el proceso

También conocida como trazabilidad interna, es trazar el seguimiento de lo recibido en el laboratorio, la maquinaria utilizada para el proceso productivo del hongo, el lote de almacenamiento y los productos que salen.

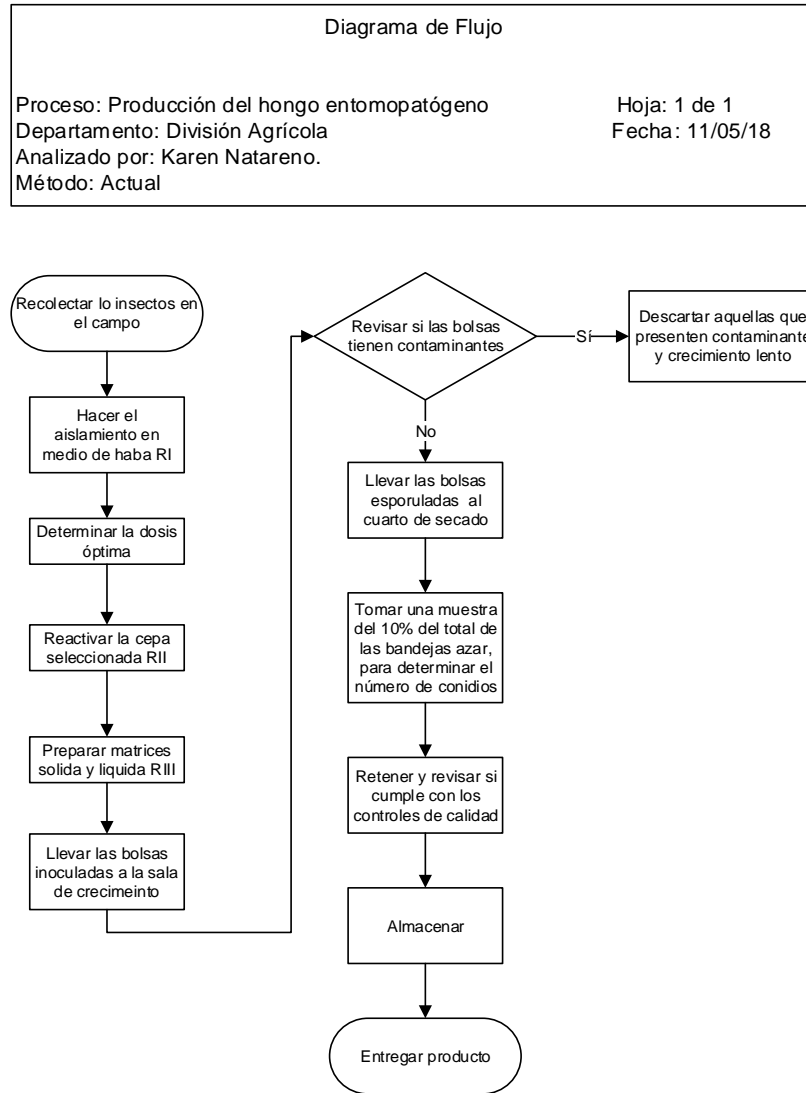
La información que se evaluara es la siguiente:

- Qué es lo que se registra, es la información de los procesos a los que se ha transformado la materia prima durante la producción de un lote.
- A partir de que se registra, se crea a partir de insectos no infectados de aplicaciones de *Metarhizium anisopliae*, y todo producto incorporado para la producción del hongo entomopatógeno.
- Cómo se establecen los registros, se crean a partir de las hojas de control; registrando la materia prima, producción de lote y despacho de producto terminado.
- Se debe registrar la fecha y hora, a medida que ingresa la materia prima, el tiempo de producción del lote, es muy importante relacionar toda esta información con los datos de control de procesado.

3.2. Diagrama de flujo

En la siguiente figura, se observa el diagrama de proceso de producción del hongo *Metarhizium anisopliae*.

Figura 13. Propuesta del flujo de trazabilidad



Fuente: elaboración propia, empleando Visio 2016.

3.3. Análisis de puntos críticos de control

En el análisis de puntos críticos, se debe mantener un control de rastreo en la producción del hongo entomopatógeno, este deberá documentar y

mantener un control sistemático que es esencial para prevenir y/o eliminar un peligro relacionado con la inocuidad.

Para el sistema de análisis de peligros y de puntos críticos de control, deben de estar comprometidos todos los trabajadores del laboratorio; deberán de recopilar y de informar sobre los peligros que afecten la inocuidad durante el proceso y almacenamiento del producto.

Entre los principales puntos críticos se indican los siguientes:

- Desarrollo de bolsas contaminadas que pueden llegar a desarrollar: *aspergillus*, *phacelomyces*, *fusarium*, *pennicillium* y bacterias.
- Las instalaciones no son las adecuadas para un laboratorio de hongo entomopatogeno, este debe de estar libre de contaminantes de polvo.
- Almacenamiento de la materia prima.
- Maquinaria e instrumentos no calibrados.
- Almacenamiento de producto terminado.

Es importante identificar siempre los peligros en las diferentes etapas de la cadena productiva y registrar los procedimientos de control para tener una mejor trazabilidad e inocuidad.

3.3.1. Almacenamiento de materia prima

El almacenamiento de la materia prima varía mucho dependiendo de la naturaleza del material, como las características del peso, olor, temperatura,

empaque, tamaño de los lotes, durabilidad. Es fundamental tener un control de la persona encargada de recibirla y almacenarla, esta debe de estar atenta para mantener una documentación clara y precisa.

En el almacenamiento de la materia prima es donde se inicia la aplicación de la trazabilidad. Debe considerarse un control de inventarios, las instrucciones sobre el manejo adecuado de la materia prima.

3.3.2. Área de producción

En el área de producción se consideran cinco puntos críticos, que son los siguientes:

- Condiciones preliminares: antes de iniciar las labores de producción, es indispensable verificar que las condiciones de seguridad e higiene estén presentes, vigilando que no existan peligros o contaminantes que puedan afectar al hongo entomopatógeno.
- Especificaciones de materiales, productos e insumos: una vez que se ha verificado no existan peligros y contaminantes se inicia el proceso de trabajo. En esta etapa se debe constatar la existencia de documentos y evidencia suficiente que permita estar seguros de los materiales, ingredientes, agentes de ayuda de proceso, así como los insumos que serán utilizados están dentro de los parámetros aprobados por la el laboratorio.
- Control de proceso: contar con diagramas que indiquen todas las entradas y salidas del proceso, así como las condiciones (tiempo, temperatura, humedad relativa, concentración de conidios).

Adicionalmente se debe tener el apoyo de instrumentos de monitoreo como medidores, gráficas y lectores para poder revisar constantemente que el proceso está bajo los límites de control establecidos. Es clave tener formatos, e instrucciones que documenten el proceso, los resultados de los monitoreos y verificaciones realizadas, como las acciones correctivas a tomar en caso de que el proceso sufra una desviación en sus indicadores.

- Inspección y análisis: el laboratorio debe contar con las especificaciones del hongo *Metarhizium anisopliae*. Disponer de un formato que permita tener los datos básicos del producto como: clave, descripción y número de lote, así como los parámetros de control establecidos en una tabla que facilite comparar el estándar contra los resultados reales; esto ayudará mucho a tomar decisiones ágiles para aceptar o rechazar. Siempre que existan rechazos debe contarse con documentación que permita analizar y corregir las desviaciones desde su causa raíz, incluyendo la firma y autorización por parte de los niveles correspondientes.
- Administración del cambio: ayuda a cualquier cambio de materias primas, condiciones de proceso o ajustes en las especificaciones sean documentados, aprobados y difundidos al personal para todos y cada uno de los procesos de producción del hongo.


3.3.3. Despacho de producto terminado

Según las necesidades diarias del departamento técnico agrícola y el inventario disponible, se procede a despachar el hongo *Metarhizium anisopliae* y este se aplicará en el área de cultivo de la caña de azúcar.

A continuación se presenta una serie de pasos a seguir para el despacho del producto terminado.

- El despacho de producto terminado empieza cuando el departamento técnico agrícola recibe el requerimiento del jefe de campo, la dosis necesaria para el manejo de la chinche salivosa.
- El departamento técnico agrícola traslada la solicitud del producto al laboratorio de *Metarhizium anisopliae* para su despacho.
- Se procede a despachar el producto terminado y se debe de llenar un vale de salida donde debe registrarse: fecha de salida, código y nombre del producto, cantidad entregada, código de finca, nombre de la persona que autoriza la salida y el nombre de la persona que recibe el producto.

Figura 14. Salida de almacén de producto terminado

 COMPANHIA AGRICOLA INDUSTRIAL SANTA ANA, S.A. GUATEMALA, C.A.		FECHA: DIA 30, MES 05, AÑO 18			No. 564652			
		SALIDA DE ALMACEN PRODUCTO TERMINADO LABORATORIOS		LABORATORIO CODIGO 1901		NOMBRE Metarhizium		
No.	CÓDIGO ARTICULO	DESCRIPCION DEL ARTICULO	UNIDAD MEDIDA	CANTIDAD ENTREGADA	CÓDIGO FINCA	CÓDIGO PANTE	CÓDIGO LABOR	NÚMERO TRASLADO
1	104220	Metarhizium anisopliae	C/U	1349	37			
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
OBSERVACIONES								
ENTREGADO POR: 68340 Gabriela Cadenas NOMBRE			AUTORIZADO POR: RAISA PERA NOMBRE (A0442)			564652 RECIBIDO D. Serrano NOMBRE		
FIRMA			FIRMA			FIRMA		
Original: Centro de control División Agrícola y Servicios Copia Amarilla: Laboratorio						VLE Ref: 1.510		

Fuente: Laboratorio de producción del hongo *Metarhizium anisopliae*, Ingenio Santa Ana.
 Comunicación personal. p. 11.

3.3.4. Guía para un diagnóstico de la documentación de la empresa

El objetivo de un diagnóstico es examinar la evaluación y mejora de proceso de gestión de manera detallada y así contar con herramientas que permita documentar todo lo relacionado al proceso de producción del hongo *Metarhizium anisopliae* y, de esta forma, agilizar la recuperación de la información, aumentar la eficacia de los recursos disponibles y garantizar su conservación para su utilización como fuente de investigación histórica.

3.3.4.1. Metodología

La finalidad de esta guía es contar con una metodología para la implementación de un sistema de trazabilidad, este va a permitir mejorar y planear las actividades a intervenir a corto plazo para lograr la mejora continua, se presentan las siguientes medidas:

- Analizar la situación actual de las declaraciones documentadas de una política de calidad que se debe llevar dentro del laboratorio.
- Establecer registros y documentar todos los procedimientos requeridos para la producción del hongo.
- Identificar los diversos tipos de documentos requeridos por el laboratorio para la planificación y control eficaz de sus procesos.
- Diseñar un sistema único de ordenación y clasificación de acuerdo con las necesidades de información y conservación de la documentación del laboratorio.
- Establecer mecanismo de validación y verificación por parte del laboratorio.
- Establecer procedimientos para la localización, inmovilización, si fuera necesario la retirada de productos.
- Aplicar medidas de seguridad adecuadas para garantizar la conservación documentada.

3.5. Tiempos de proceso

A continuación se presenta una hoja de control de temperatura y humedad relativa, donde se detalla el día y hora de ingreso.

Tabla VI. **Control de temperatura y humedad relativa**


Día	Hora		Mañana			Medio día			Tarde			Responsable
			Max.	Min.	Actual	Max.	Min.	Actual	Max.	Min.	Actual	
Lunes		Temperatura										
		Humedad relativa										
Martes		Temperatura										
		Humedad relativa										
Miércoles		Temperatura										
		Humedad relativa										
Jueves		Temperatura										
		Humedad relativa										
Viernes		Temperatura										
		Humedad relativa										
Sábado		Temperatura										
		Humedad relativa										
Domingo		Temperatura										
		Humedad relativa										

Fuente: elaboración propia.

3.5.1. Producción del lote

En la siguiente hoja de control, se muestra la producción del hongo *Metarhizium anisopliae* en su etapa de crecimiento y área de secado del hongo inoculado.

Tabla VII. **Inoculación y secado del cultivo**

Lote:		Crecimiento y área de secado					
Fecha de inoculación							
Cepa							
Número de sala							
Fecha							
Descarte							
Día	Bolsas Inoculadas	Aspergillus	Phacelomyces	Fusarium	Pennicillium	Bacterias	Sanas
0							
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
Área se secado							
Bolsas cosechadas				Observaciones			
Peso Total de Lote (Kg)							
Conidios/gramo							
Peso/bolsa							
Fecha de Almacenamiento							

Fuente: elaboración propia.

3.5.2. Despacho de producto terminado

Para el despacho del producto terminado se debe de llenar una hoja de control donde se detalla la hora, fecha, código, cantidad, número de lote, destino y responsable.

asignado, debido a que es un proceso constante que busca la eficiencia y la mayor productividad en el desarrollo de sus actividades, de la misma manera contribuye a elevar el rendimiento, la moral y el ingenio creativo del personal que labora en el Ingenio Santa Ana.

3.5.3.1. Objetivos de la capacitación

- Preparar al personal para la ejecución eficiente de sus responsabilidades que asuman en sus puestos.
- Brindar oportunidades de desarrollo personal en los cargos actuales y para otros puestos para los que el colaborador puede ser considerado.
- Modificar actitudes para contribuir a crear un clima de trabajo satisfactorio, incrementar la motivación del trabajador y hacerlo más receptivo a la supervisión y acciones de gestión.

Tabla IX. **Plan de capacitación**

Actividades a desarrollar	Meses											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Trazabilidad hacia atrás: explicación de cómo se identifican las materias primas en la recepción del laboratorio de producción de hongo <i>Metarhizium anisopliae</i> : a. Proveedor b. Fecha de entrada c. Recepción												
Trazabilidad proceso: explicación como se identifican los productos dentro del laboratorio de producción de hongo <i>Metarhizium anisopliae</i> : a. Explicación de cómo se relacionan las identificaciones de recepción y expedición con otras informaciones asociadas al hongo <i>Metarhizium anisopliae</i> .												
Trazabilidad hacia descendente: explicación de cómo se identifica el producto final (hongo <i>Metarhizium anisopliae</i>), en la expedición: a. Cliente b. Fecha de salida c. Cantidad												
Canal de comunicación entre el laboratorio y el personal de campo.												
Método que permita comprobar que el sistema es eficaz. Reconstruyendo el historial del producto ya despachado: a. Número de lote b. Fecha de entrega c. Fecha de entrada d. Número de lote en el laboratorio e. Resultados de los autocontroles												

Fuente: elaboración propia.

3.6. Análisis financiero

El uso excesivo de plaguicidas provoca efectos negativos en el suelo, el agua y el ambiente. Además ha contribuido a aumentar los problemas de

plagas debido al desarrollo de resistencia y a la destrucción de los enemigos naturales. Muchos plaguicidas también afectan la salud de las personas.

Para reducir estos efectos se procura la implementación de sistemas agrícolas sostenibles, basados en el conocimiento de las relaciones entre los cultivos, el ambiente y los organismos presentes en el campo. Una de las alternativas es el uso de organismos entomopatógenos, los cuales tienen la capacidad de reducir las poblaciones de plagas. Existen varios tipos de organismos entomopatógenos, tales como: virus, hongos, bacterias y nematodos.

En el ingenio Santa Ana, se han identificado y estudiado diversas especies de hongos que afectan plagas de cultivos de importancia económica; tal es el caso del hongo *Metarhizium anisopliae*, este a su vez es utilizado exitosamente en el cultivo de la caña de azúcar, como un programa de control biológico contra la chinche salivosa.

Para la producción del hongo *Metarhizium anisopliae*, es necesario contar con un laboratorio especializado en la producción del insumo a aplicar como control biológico.

El análisis económico se basa en el grado de daño foliar que se da en el cultivo de caña de azúcar, que va desde leve (20 – 40 %), moderado (40 – 60 %), y severo (> 60 %), teniéndose pérdidas desde 0,3 hasta 4 toneladas de azúcar por hectárea (TAH), como se muestra en la siguiente tabla.

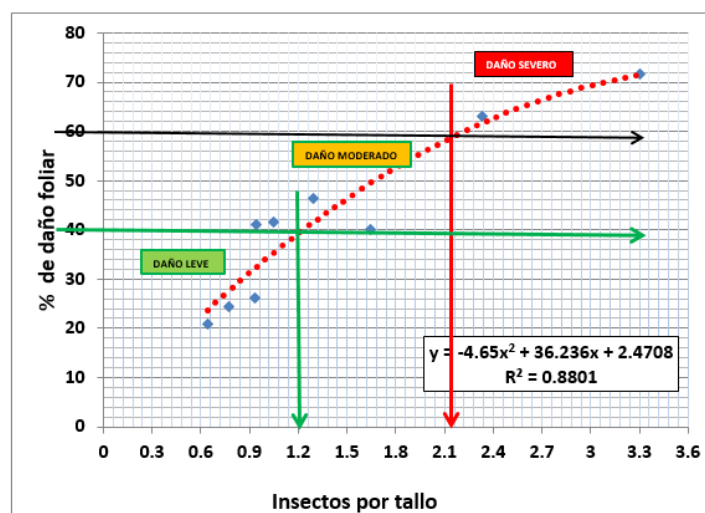
Tabla X. **Pérdidas estimadas en toneladas de azúcar por hectáreas en base al daño foliar**

Grado de daño	% Daño Foliar	Pérdida TAH		
		Mínima	Media	Máxima
Leve	20-40	0,3	0,55	0,8
Moderado	40-60	1	1,5	2
Severo	> 60	3	3,14	4

Fuente: Centro Guatemalteco de Investigación de la caña (CENGICAÑA).

Para el presente análisis económico se tomó el grado de daño leve, que es donde mayor efecto se tiene del control biológico por el establecimiento de epizootias que no permiten llegar al grado de daño moderado y severo, así como la clasificación del daño de acuerdo al número de insectos por tallo donde se evaluó con la presencia de un insecto/tallo que equivale a 0,34 % de daño foliar (ver figura 11).

Figura 15. **Daño foliar en base al número de insectos por tallo**



Fuente: Centro Guatemalteco de Investigación de la caña (CENGICAÑA).

De acuerdo a las evaluaciones de campo en la empresa, con las aplicaciones del hongo *Metarhizium anisopliae* se logran hasta el 50 % del control de la plaga.

Tabla XI. **Análisis económico sobre TAH**

Nivel de daño	Perdida (TAH) sin aplicación <i>Metarhizium anisopliae</i>	Valor de pérdida sin aplicación	Perdida (TAH) con aplicación de <i>Metarhizium</i>	Valor de pérdida con aplicación de <i>Metarhizium</i>	Costo de Aplicación	Costo beneficio
Leve	0,55	Q. 1 245	0,275	Q. 622,50	Q. 397,50	Q. 225,00

Fuente: Centro Guatemalteco de Investigación de la caña (CENGICAÑA).

En el análisis económico se está estimando una merma en la producción de 0,55 TAH (ver tabla XI), que corresponde al nivel de daño foliar de 20 % – 40 %, con una pérdida de Q. 1 245,00, mientras que con la aplicación del hongo *Metarhizium anisopliae* se espera un 0,273 (50 % menos). El manejo para el control de la plaga chinche salivosa se ejecutó sobre 3 000 ha, con un rendimiento de 35 940 TAH, con una pérdida estimada de 9 883,5 TAH, lo que daría un beneficio de Q. 2 223 787,50

4. IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE TRAZABILIDAD Y CONTROL

4.1. Función de trazabilidad

Se considera a la trazabilidad a un conjunto de procedimientos preestablecidos y autosuficientes que permiten conocer la historia, la ubicación y la trayectoria de un producto, o lote de productos a lo largo de la cadena de suministros, en un momento dado y a través de unas herramientas determinadas siempre con el fin de buscar el bien tanto del consumidor como el de la mismas compañía.

En este sentido la trazabilidad, sirve para reconstruir la historia, el recorrido o aplicación de un determinado producto. Es decir, muestra punto a punto todo el proceso de un producto, desde el momento de la compra de su materia prima o el insumo, pasando por todo el proceso de transformación del mismo hasta salir convertido al final de la cadena de abastecimiento como un producto terminado listo para ser distribuido y comprado por el consumidor final.

De una manera más concreta permite conocer:

- Origen de sus componentes
- Historia de los procesos aplicados al producto
- Distribución y localización después de su entrega

La trazabilidad, posibilita la entrega de productos definidos a mercados específicos, con la garantía de conocer con certeza el origen y la historia del mismo. Está asociado, a productos de mayor calidad.

4.2. Presentación de la trazabilidad a los trabajadores

Para la presentación del sistema de trazabilidad, debe realizarse bajo la modalidad de una exposición del nuevo método de trazabilidad, tiene como principal propósito completar, ampliar y desarrollar el nivel de conocimientos y experiencias, a fin de potenciar el desempeño de funciones técnicas, profesionales del personal involucrado en el proceso de producción y aplicación del hongo *Metarhizium anisopliae*.

Deberá elaborarse un informe que contenga toda la información acerca del sistema de trazabilidad, también debe de incluir recolección de datos y el método actual para la elaboración del hongo.

4.2.1. Demostración del sistema de trazabilidad

Es importante indicar cada uno de los procedimientos establecidos en una línea de producción, se debe de realizar con un personal calificado y capacitado constantemente para asegurar la calidad del producto final. Esto permitirá llevar un mejor control de todos los registros debido a que la trazabilidad interna así lo requiere, entregando un informe final de cada procedimiento.

Siendo el laboratorio consiente de la importancia de la trazabilidad, y la necesidad de establecer que proveedor proporciona una mejor materia prima y a la vez permitirá conocer las posibles fallas dentro de una línea de producción.

4.2.1.1. Ventajas y beneficios

La implementación de un sistema de trazabilidad lleva a las siguientes ventajas y beneficios.

- Identificación de materia auxiliar y materia prima
- Control de stocks
- Control de los procesos productivos
- Optimización de los mismos
- Coordinación y colaboración con los proveedores
- Localización inmediata de los lotes ante un posible problema
- Disminución de costos operativos y productivos

4.2.2. Desarrollo de trazabilidad

El desarrollo de un sistema de trazabilidad en el laboratorio de producción de hongo *Metarhizium anisopliae* del Ingenio Santa Ana, tiene como principal propósito mejorar las técnicas de recolección de información lo que permitirá tener mejores tiempos en la producción del hongo; obteniéndose datos importantes para la generación de la información.

Para la implementación del sistema de trazabilidad, fue necesario realizar los siguientes pasos secuenciales:

- Definición del laboratorio
- Definición del problema
- Análisis del proceso de trabajo
- Evaluación y selección del mecanismo de trabajo

- Implementación del sistema
- Análisis de costos y viabilidad del sistema

4.2.2.1. Control de tiempos de proceso

Con el propósito de mejorar y controlar los procesos de producción y logísticos del hongo *Metarhizium anisopliae*, es necesario la aplicación de un sistema tecnológico, considerando las aplicaciones en:

- La trazabilidad interna y externa
- En la gestión de recepción de insumos y expediciones
- En el control efectivo del stock en almacén
- En la localización en tiempo real de bienes
- En el control total de la cadena de suministro
- En el control de la productividad
- En el monitoreo de la cadena de producción

4.3. Registro y control de la documentación

Para facilitar la actualización, el uso y el control de documentos del laboratorio de hongo *Metarhizium anisopliae*, se establece que se separen los registros de los procedimientos e Instructivos. Los mismos se mantendrán relacionados a través de su codificación.

4.4. Elaboración e implementación de acciones correctivas

La elaboración e implementación de acciones correctivas en el sistema de trazabilidad es nos ayudan a la mejora continua en la calidad de los registros y

el seguimientos de los insumos, como también poder identificar los puntos débiles en el laboratorio.

4.4.1. Implementación de acciones correctivas

La implementación de acciones correctivas ayuda a deshacer la causa de una no conformidad detectada u otra situación no deseable dentro de la producción, y es responsabilidad del laboratorio la implementación de una mejora continua y la retroalimentación del sistema de trazabilidad implementado.

Es necesario realizar seguimientos de las acciones correctivas y preventivas para la eliminación de causas potenciales y reales de un problema.

Tabla XII. **Implementación de acciones correctivas**

LABORATORIO DE PRODUCCIÓN DE HONGO METARHIZIUM ANISOPLIAE	ACCIONES CORRECTIVAS		CORRECTIVA
			PREVENTIVA
Tema /Asunto:		Ref.:	
		Fecha inicio:	
		Realizado por:	
1.- Personas que participan en la acción y coordinador.	2.- Descripción del problema que se quiere eliminar o evitar:		
3.- Acciones precedentes o primeras acciones adoptadas:			
4.- Causa o causas que generan el problema o que lo pueden generar:			
5.- Soluciones que atacan la causa del problema, posibles acciones:			
6.- Acciones correctivas / preventivas finalmente realizadas, incluyendo fechas:			
7.- Acciones que se efectuarán para verificar la eficacia de las soluciones implantadas, fechas y responsables:			
8.- Resultados obtenidos, conclusión del expediente:			
No debe concluirse una acción hasta que no se haya verificado la eficacia de las soluciones implantadas o bien se hayan argumentado las causas de su cierre	Firma Responsable de la acción:		
	Fecha cierre:		

Fuente: elaboración propia.

4.4.1.1. Acciones preventivas

Las acciones preventivas se deben de realizar con el objetivo de evitar la implementación de acciones correctivas en el sistema de trazabilidad, por eso es importante llevar una supervisión de actividades y registros, esta debe de utilizar los documentos que tenga la persona responsable. Otra acción preventiva a implementar es la revisión de fechas de caducidad a los lotes en la bodega.

4.4.1.2. Verificación de la documentación

La verificación de la documentación debe de ser un complemento de las acciones preventivas, esta se debe de realizar periódicamente comprobando que se esté llevando el sistema de trazabilidad del producto, esta debe de hacerse en forma inversa a lo largo de la cadena de abastecimiento, la verificación debe de comprobar los registros de materiales escogidos al azar, donde debe de incluir los registros del sistema y los documentos generados de las acciones preventivas, con el fin de comprobar que el sistema este puesto en marcha.

5. MONITOREO Y SEGUIMIENTO

5.1. Consideraciones de la implementación del sistema de trazabilidad

Es importante llevar un monitoreo y seguimiento del sistema de trazabilidad y así determinar si se está implementando adecuadamente, esto se puede realizar mediante ejercicios de evaluación, las cuales consisten en verificar que los productos empacados sean codificados con toda la información necesaria, que ayudará a rastrear una trazabilidad más eficiente.

5.1.1. Estructura general

Para la estructura general de la unidad de monitoreo y seguimiento, se formaron tres niveles, el primero de ellos correspondió al coordinador de la unidad de monitoreo y seguimiento, el segundo nivel al subcoordinador, el tercer nivel por el personal profesional encargado de la operatividad de la unidad de monitoreo y seguimiento.

5.1.2. Redacción del procedimiento a seguir

El procedimiento a seguir, es de acuerdo a la naturaleza de la producción del hongo *Metarhizium anisopliae*, donde se compromete a tener toda la información de los procesos y actividades que se realizan.

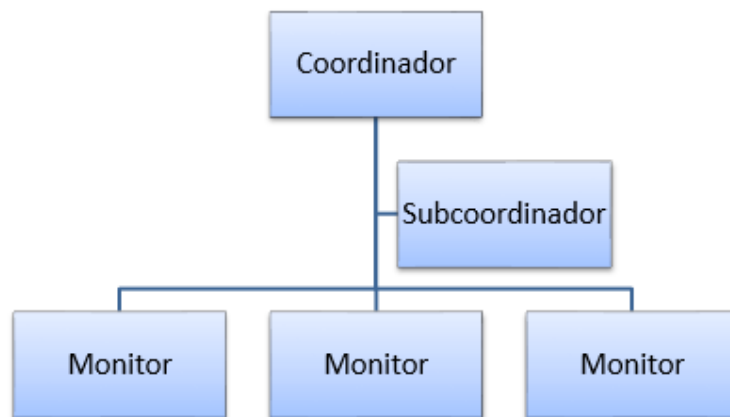
Para su operatividad se deben elaborar los manuales correspondientes, que permitan vincular y darle un acompañamiento al proceso de trabajo para la

producción del hongo *Metarhizium anisopliae*, las acciones iniciales se relacionaron con:

- La implementación de una plataforma técnica para el monitoreo y supervisión de la producción del hongo *Metarhizium anisopliae*, en el Ingenio Santa Ana.
- La supervisión y control de principio a fin de cada uno de las etapas de producción del hongo *Metarhizium anisopliae*.
- La creación de cada uno de los indicadores de éxito y fracaso que permitan monitorear y darle seguimiento a la producción del hongo *Metarhizium anisopliae*.
- La velación por la calidad del hongo producido en el laboratorio del Ingenio Santa Ana.
- El establecimiento de normas y procedimientos correspondientes al trabajo a desarrollar en el Departamento de Seguimiento y Control de Proyectos.
- La administración de los recursos bajo su responsabilidad.
- La elaboración de informes de gestión de las actividades realizadas, indicando los logros y limitaciones encontradas.
- La propuesta de soluciones innovadoras a los problemas confrontados por la unidad a su cargo.

- El cumplimiento de los lineamientos, normas y procedimientos administrativos y técnicos establecidos por la organización.

Figura 16. **Organigrama de la unidad y seguimiento**



Fuente: elaboración propia.

5.2. Control del sistema de trazabilidad

El aseguramiento de la calidad es responsabilidad de todos los trabajadores, además deben de llevar un registro de todas las operaciones realizadas por medio de las hojas de control, de modo que se pueda hacer revisiones de forma periódicas asegurando la calidad del sistema de trazabilidad.

Es necesario controlar el sistema de trazabilidad por medio de registros, estos permiten monitorear y darle seguimiento a cada uno de los procesos de principio a fin en la producción del hongo *Metarhizium anisopliae*.

Para controlar el sistema de trazabilidad, es necesario crear instrumentos que garanticen el cumplimiento de los objetivos y propósitos del laboratorio tal como se describe a continuación:

- Se debe capacitar al personal de trabajo con el fin de adquirir nuevos conocimientos, herramientas, y al mismo tiempo obtener trabajadores más competentes en sus puestos de trabajo.
- Es importante hacer auditorias mediante una adecuada planificación, implementación y revisión que permitan recibir una verificación de los procedimientos realizados dentro del laboratorio, al mismo tiempo, identificar los fallos realizados dentro del proceso, identificar la documentación no actualizada y promueve la mejora continua de los procesos.
- Es necesario llevar un control y monitoreo de los procesos, ello consiste en tomar muestras de un lote al azar, donde se podrá efectuar un análisis si el producto cumple con los estándares de calidad y a la vez conocer el historial del producto.
- En la mejora de procesos es fundamental contar con las hojas de control para la recolección de datos, de manera que el registro sea sencillo y fácil de analizar los resultados obtenidos.

5.3. Mejora continua

Con la mejora continua en el sistema de trazabilidad, se refiere al aumento eficaz para garantizar la calidad, asimismo mejorar el desempeño dentro del

laboratorio en relación con la calidad en los diferentes procesos, identificando las posibles causas, estableciendo nuevas ideas y proyectos de mejora.

5.3.1. Detección de puntos críticos

El monitoreo y seguimiento en el proceso de producción del hongo *Metarhizium anisopliae*, permite conocer los peligros existentes y las medidas preventivas a tomar para evitarlos, de esta manera se determinan los puntos críticos en los que hay que realizar una mejora continua para lograr la calidad del producto.

Para realizar la determinación de los puntos críticos, se toman en cuenta los siguientes factores:

- Identificación y evaluación de los riesgos de contaminación a lo largo de la cadena de suministro.
- Verificación del número lotes de materia prima.
- Revisión del número de lote de producto terminado.
- Verificación de producto terminado en almacenamiento.

5.3.2. Determinación de causas al azar

Para comprobar si se está llevando adecuadamente el sistema de trazabilidad, se tomara una muestra de un lote, al azar, este permitirá demostrar, el origen de la materia prima, como a la vez conocer los procesos de producción.

Un buen sistema de trazabilidad efectivo compromete a toda una línea de producción, además, el personal debe estar lo suficientemente capacitado para ingresar la información correcta de todos los movimientos de un lote.

5.4. Retención y almacenamiento

La retención y almacenamiento dentro del sistema de trazabilidad son importantes, por medio de ellas podemos obtener información precisa, detallada y completa.

5.4.1. Retención

Es el proceso por el cual se inspecciona para asegurar y garantizar la calidad del producto, si se cumple con los controles de calidad establecidos por el laboratorio, se procede a colocar un certificado de control de calidad, antes de pasar al área de almacenamiento como se muestra en la figura 17.

Figura 17. Certificado de control de calidad

DEPARTAMENTO TECNICO AGRICOLA LABORATORIO DE PRODUCCION DE HONGOS ENTOMOPATOGENOS Certificado de control de calidad de producto terminado No. 0118	
Fecha de entrega de producto terminado	viernes, 09 de febrero de 2018
No. de lote	12
Cepa	CG-1402
Viabilidad	97.00%
Concentración conidios/gramo	9.87E+09
No. dosis de 2.5×10^{13}	10
Presentación de la dosis	Hongo Liquido
Concentración solicitada	2.50E+13
Volumen por dosis (Litros)	20
Volumen total entregado (Litros)	200
<u>Rosa Tena</u> Nombre de responsable	<u>Alejandra Vallabres</u> Nombre de quien recibe
<u>[Firma]</u> (42462) Firma y código de responsable	<u>[Firma]</u> 19216 Firma de quien recibe
Boleta PT <u>531513</u>	
<p>Mantener el producto en refrigeración (12°C) y protegido de la luz solar Agitese bien antes de utilizar</p> <p><small>original cliente-copia archivo laboratorio</small></p>	

Fuente: Laboratorio de producción del hongo *Metarhizium anisopliae*, Ingenio Santa Ana.

Comunicación personal. p. 15.

5.4.2. Almacenamiento

Es importante reconocer que la realización de un buen almacenaje depende de ciertos factores o características del espacio, los productos a almacenar y la forma como se vayan a manipular, de tal manera que para conseguir un almacén óptimo se analizaron pausadamente las siguientes variables:

- El departamento de producción entrega el producto final con su respectivo certificado de control de calidad.
- Se debe de registrar la fecha y número de producto terminado ingresado a bodegas.
- El encargado de la bodega procede a ingresar el producto a cuartos fríos con la temperatura ideal para el almacenamiento del hongo.
- Se pone el producto terminado en estanterías.
- Para el manejo de inventarios se usa el método PEPS (primeros en entrar primeros en salir).

El almacén es el último eslabón de la cadena de suministro de los productos para los clientes y conecta, por tanto, al departamento de distribución, realizando una gestión de almacenamiento eficaz, garantizando la calidad del producto desde su llegada al almacén a la distribución para su aplicación en campo.

6. IMPACTO AMBIENTAL

El impacto ambiental es el efecto ocasionado por el ser humano sobre el medio ambiente, las cuales pueden ser positivas o negativas en un área determinada.

6.1. Identificación y evaluación de impactos y riesgos ambientales

Con base en el concepto de impacto ambiental, se ha realizado un análisis del proceso de trabajo para la producción del *Metarhizium anisopliae* y su entorno, obteniendo las siguientes consideraciones ambientales:

- Identificación de riesgos

No es irritante para la piel, si para los ojos y mucosas por efecto de físico de polvillo de pómez. No es tóxico para peces y otros organismos acuáticos, de la misma manera no son tóxicos para animales domésticos, mascotas o seres humanos

- Medidas en caso de derrame accidental

No es explosivo ni corrosivo, no se requiere de equipo de protección especial, solamente barrer y depositar lo recolectado en suelo agrícola enterrado lejos de fuentes de agua o en basureros junto con otros residuos sólidos.

- Manejo y almacenamiento

Se debe mantener el producto en su envase original bien cerrado en lugar seco apropiado para almacenarlo protegido de los rayos solares directos y temperaturas superiores a 35 grados centígrados, no se debe de trasportarlo o guardarlo junto a alimentos o medicinas.

- Estabilidad y reactividad

No se han detectado reacciones de riesgo, no se producen productos riesgosos de descomposición, la exposición a temperaturas mayores de 35 grados durante más de diez días inactivan las esporas del hongo

6.2. Control de desecho

El control de desechos sólidos y líquidos dentro del laboratorio de *Metarhizium anisopliae*, es la gestión de los residuos, tratamiento, reciclado y eliminación de los materiales de desechos.

6.2.1. Manejo interno de los desechos

- Condiciones para desechar

Se recomienda desechar el producto esparciéndolo sobre tierra vegetal húmeda lejos de las corrientes de agua o nacimientos, los envases pueden entregarse para ser eliminados en los sitios de recolección de envases de agroquímicos.

6.3. Medidas de mitigación

El hongo *Metarhizium anisopliae*, es un microorganismo inofensivo, de modo que no requiere medidas de mitigación por las siguientes razones:

- No se contamina las fuentes de agua con el producto o recipientes vacíos.
- No se contamina los ambientes terrestres o marinos con recipientes vacíos. El ingrediente activo o sean las esporas del hongo *Metarhizium anisopliae*, se degradan en el ambiente en presencia de humedad germinando en un periodo de veinte a cuarenta y ocho horas, si no encuentran un huésped apropiado. Son destruidas por la fracción ultravioleta de la luz solar directa en término de 2 a 3 horas y seis días máximo por acción de los microorganismos y organismos descomponedores presentes en los ecosistemas.
- El agente inerte arena pómez es componente natural de los suelos de origen volcánico.
- En ausencia de humedad y luz solar directa, las esporas o conidios a temperaturas cercanas a los diez grados centígrados pueden permanecer viables cerca de un año. Las esporas o conidio del hongo no es tóxica para los peces.

CONCLUSIONES

1. El laboratorio del Ingenio Santa Ana, tiene la capacidad técnica para la implementación de un sistema de trazabilidad en la producción del hongo *Metarhizium anisopliae*.
2. La trazabilidad permitirá la identificación y seguimiento de la transformación del producto, su almacenaje y distribución a lo largo de toda la cadena de producción del mismo.
3. La mejora de los registros existentes en los procesos de recepción de la materia prima, producción del hongo y entrega del producto terminado permitirá obtener importante información que ayude a mejorar los tiempos de producción.
4. La capacitación para la implementación, monitoreo y seguimiento del proceso de trazabilidad en la producción del hongo es básico para para el desarrollo del proceso.
5. El hongo *Metarhizium anisopliae*, es un microorganismo inofensivo, de tal forma que no requiere medidas de mitigación.

RECOMENDACIONES

1. Capacitar al personal involucrado en las actividades de producción y aplicación del hongo *Metarhizium anisopliae* en el ingenio Santa Ana, con el propósito de actualizar los conocimientos y habilidades relativas al trabajo que realizan.
2. Implementar el sistema de trazabilidad; que generará información proporcionada de los suministros, con el objetivo de desarrollar productos diferenciados con una mayor aceptación por parte del consumidor final.
3. Utilizar el diseño de las hojas de control y registros de recepción de materia prima y material de empaque, para poder lograr una mejora continua.
4. Darle seguimiento al sistema de trazabilidad, por medio de los resultados que se obtengan de los registros de todo el proceso, desde la recepción hasta el almacenamiento de la materia prima, se debe rotular bien el producto terminado para que no hayan fallas al momento de una queja.
5. El tener un sistema de trazabilidad ayuda a que el consumidor final tenga la certeza de que se está llevando un control interno que garantice la calidad del producto, y que en caso de cualquier eventualidad podría ser solucionada de manera eficaz.

BIBLIOGRAFÍA

1. *Beneficios de la trazabilidad.* [en línea]. <<http://www.unav.es/noticias/opinion/op071204.html>>. [Consulta: 16 de diciembre de 2016].
2. BLANCO, Alberto. *Materia prima.* México: Universidad Autónoma de México, 1992. 44 p.
3. *Importancia del sistema de trazabilidad y normativa sobre trazabilidad en la Unión Europea.* [en línea]. <http://www.gestiontrazabilidad.com/full_news.php?id=5>. [Consulta: 25 de noviembre de 2016].
4. INSUA, Victoria de las Cuevas. *Guía práctica para la aplicación de un sistema de trazabilidad en una empresa alimentaria.* España: Gesbioblo, 2003. 19 p.
5. KATSUHICO. *Ingeniería de control moderno.* Madrid, España: Pearson Educación, S.A., 2003. 104 p.
6. LYONNET, Patrick. *Los métodos de la calidad total.* Madrid, España: Díaz de Santos, 1989. 232 p.
7. MACLEAN, Gary E. *Documentación de calidad para ISO 9000 y otras normas de la industria.* 3a ed. México: McGraw-Hill, 1996. 231 p.

8. MORALES POSADAS, Sergio Aníbal. *Propuesta para la implementación de un sistema de trazabilidad, en una empresa productora de alimentos*. Trabajo de graduación de Ing. Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2008. 161 p.
9. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación y el Ministerio y Sanidad y Consumo de España. *Sistema de calidad e Inocuidad de los alimentos*. Roma, Italia: FAO, S.N., 2002. 39 p.
10. *Organizacional Mundial de la Salud*. [en línea]. <<http://www.definicionabc.com/salud/nocuidada>>. [Consulta: 25 de noviembre de 2016].
11. RENDON PADILLA, Raúl Gabriel. *Trazabilidad en la cadena de abastecimiento de insumos médicos quirúrgicos en bodega hospitalaria del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social*. Trabajo de graduación de Ing. Mecánica Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2011. 159 p.
12. SAAVEDRA GÓMEZ, Eduardo. *Control total de la calidad*. Bogotá, Colombia: Legis Fondo, 1991. 350 p.
13. VILLAGRAN, Ricardo. *Introducción a la trazabilidad*. Buenos Aires, Argentina: McGraw-Hill, 2008. 100 p.

APÉNDICE

Apéndice 1. **Inóculo de chinche salivoza (*Anoelamia* spp)**

Insecto parasitado



Prueba de compatibilidad



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. Preparación del sustrato

- Imbibición de maíz



- Pesado de maíz



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 3. Manejo de bolsas

- Inoculación de bolsas



- Homogenización de sustrato



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 4. Cosecha y almacenamiento

- Embandejado de sustrato colonizado



- Secado del hongo *Metarhizium anisopliae*



Fuente: elaboración propia.