



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

**DISEÑO DEL MANEJO SOSTENIBLE EN LA PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS HORTÍCOLAS
COMO APOYO DEL MINISTERIO DE AGRICULTURA GANADERÍA Y ALIMENTACIÓN EN
LA ALIMENTACIÓN DE LAS COMUNIDADES GUATEMALTECAS**

Selgry Natory Solano Morales

Asesorado por el Inga. Claudia Carolina Tánchez Urbina

Guatemala, noviembre de 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DEL MANEJO SOSTENIBLE EN LA PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS HORTÍCOLAS
COMO APOYO DEL MINISTERIO DE AGRICULTURA GANADERÍA Y ALIMENTACIÓN EN
LA ALIMENTACIÓN DE LAS COMUNIDADES GUATEMALTECAS**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

SELGRY NATORY SOLANO MORALES

ASESORADO POR EL INGA. CLAUDIA CAROLINA TÁNCHEZ URBINA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO INDUSTRIAL

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
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. Kevin Vladimir Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADORA	Inga. Rossana Margarita Castillo Rodríguez
EXAMINADOR	Ing. Erwin Danilo González Trejo
EXAMINADORA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas
SECRETARIO	Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez

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:

**DISEÑO DEL MANEJO SOSTENIBLE EN LA PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS HORTÍCOLAS
COMO APOYO DEL MINISTERIO DE AGRICULTURA GANADERÍA Y ALIMENTACIÓN EN
LA ALIMENTACIÓN DE LAS COMUNIDADES GUATEMALTECAS**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 02 de marzo de 2021.

Selgry Natory Solano Morales

Guatemala, 27 de julio de 2021.

Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
Director de Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial
Universidad de San Carlos de Guatemala

Ing. Urquizú:

Por este medio me dirijo a usted para informarle que revise la tesis de la estudiante universitaria Selgry Natory Solano Morales con carné 1993-13015 y DPI No. 225264251219, previo a optar el grado académico de Ingeniera Industrial, luego de que la estudiante realizara las correcciones pertinentes a la tesis titulada **"DISEÑO DEL MANEJO SOSTENIBLE EN LA PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS HORTÍCOLAS COMO APOYO DEL MINISTERIO DE AGRICULTURA GANADERÍA Y ALIMENTACIÓN EN LA ALIMENTACIÓN DE LAS COMUNIDADES GUATEMALTECAS**, considero que reúne las condiciones necesarias para su aprobación, por lo cual se la remito para que sea puesta en consideración en la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial.

Atentamente,



Ing. Claudia Carolina Sánchez Urbana.
No. Colegiado 5418

Inga. Claudia Sánchez Urbana
INGENIERIA INDUSTRIAL
COLEGIADO No. 5,418



ESCUELA DE
INGENIERÍA MECÁNICA INDUSTRIAL
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

REF.REV.EMI.100.021

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **DISEÑO DEL MANEJO SOSTENIBLE EN LA PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS HORTÍCOLAS COMO APOYO DEL MINISTERIO DE AGRICULTURA GANADERÍA Y ALIMENTACIÓN EN LA ALIMENTACIÓN DE LAS COMUNIDADES GUATEMALTECAS**, presentado por el estudiante universitario **Selgry Natory Solano Morales**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. Victor Hugo Garcia Roque
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, septiembre de 2021.

/mgp



ESCUELA DE
INGENIERÍA MECÁNICA INDUSTRIAL
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

REF.DIR.EMI.140.021

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 **DISEÑO DEL MANEJO SOSTENIBLE EN LA PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS HORTÍCOLAS COMO APOYO DEL MINISTERIO DE AGRICULTURA GANADERÍA Y ALIMENTACIÓN EN LA ALIMENTACIÓN DE LAS COMUNIDADES GUATEMALTECAS**, presentado por la estudiante universitaria **Selgry Natory Solano Morales**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



Firmada digitalmente por Cesar Ernesto Urquizu Rodas
Motivo: Ingeniero Industrial
Ubicación: Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería
Mecánica Industrial, USAC
Colegiado 4.272

Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial


Guatemala, noviembre de 2021.

/mgp

DTG. 723.2021

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DEL MANEJO SOSTENIBLE EN LA PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS HORTÍCOLAS COMO APOYO DEL MINISTERIO DE AGRICULTURA GANADERÍA Y ALIMENTACIÓN EN LA ALIMENTACIÓN DE LAS COMUNIDADES GUATEMALTECAS**, presentado por la estudiante universitaria: **Selgry Natory Solano Morales**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Inga. Anabela Cordova Estrada
Decana



Guatemala, noviembre de 2021

AACE/cc

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios:** Por permitirme culminar con una meta más en la maravillosa y bendecida vida que me ha dado.
- Mis padres:** Gricelda Genoveva Morales Ruiz y Angel Epimelio Solano Barrios (q. e. p. d.), por forjarme día a día en el camino de la vida y por luchar junto a mí por el logro de mi superación personal.
- Mi hijo:** Luis Angel Makepeace Solano por ser mi motivación para nunca rendirme y de luchar por alcanzar mis sueños.
- Mi familia:** Aurelio de León, Teresa Leonardo, Lic. Claudia Aquino, Manuel Solano, Angel Solano y Juan Carlos Makepeace, por su comprensión y estímulo continuo a lo largo de mis estudios.

AGRADECIMIENTOS A:

- Universidad de San Carlos de Guatemala:** Por abrirme las puertas de tan prestigiosa casa de estudios para poder culminar mi carrera y poder desarrollarme como profesional.
- Facultad de Ingeniería:** Por todos los conocimientos brindados por parte de los docentes a lo largo de mis estudios y por ayudarme e impulsarme para seguir adelante.
- DAPCA-VISAN-MAGA:** Ing. Agr. Emely Mas, Ing Agr. Alex González, Ing Agr. Mario Agreda, Ing. Ab. Eber Elías, Edgar Menéndez y Nidia Vásquez, por permitirme realizar mi trabajo de graduación y por compartirme sus experiencias laborales.
- Inga. M. Sc Claudia Tánchez:** Por su apoyo, asesoría y por guiarme en todo momento para direccionar mis conocimientos.
- Ing. Carlos Gutiérrez:** Por su gran colaboración y orientación en el desarrollo de mi tesis.
- A mis amigos:** Lic. Ingrid de León, Lic. Byron Terre, Doc. Ligia Ávila, Ing. Jorge Cardona, Inga. Claudia Molina, Ing. Estuardo García, Ing. Hugo Ochoa, Ing. Agr. Roberto del Cid, Ing. Agr. Sandra Mogollón, Ing.

Agr. Wendy Monroy, Yessenia López, Yaneth García, Isabel Valenzuela y Luisa Hurtarte, por ser parte importante de mi historia y por motivarme en la lucha de seguir avanzando en lograr mis metas.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	XI
LISTA DE SÍMBOLOS	XV
GLOSARIO	XVII
RESUMEN.....	XXI
OBJETIVOS.....	XXIII
INTRODUCCIÓN	XXV
1. ANTECEDENTES GENERALES	1
1.1. Antecedentes del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA)	1
1.2. Antecedentes del Viceministerio de Seguridad Alimentaria y Nutricional (VISAN)	2
1.3. Antecedentes de la Dirección de Apoyo a la Producción Comunitaria de Alimentos (DAPCA).....	2
1.4. Misión	3
1.5. Visión.....	3
1.6. Objetivo social	3
1.7. Objetivos específicos.....	3
1.8. Política agrícola	4
1.9. Organigrama.....	5
1.10. Producción de plántulas bajo condiciones de invernadero	5
1.11. Centro Demostrativo de Desarrollo Tecnológico (CDDT)	6
1.11.1. Ubicación para el desarrollo de CDDT	6
1.11.2. Extensión territorial y su división por áreas	6
1.12. Cobertura de ejecución de la CDDT-DAPCA-VISAN-MAGA.....	7

1.13.	Definición de Manejo Sostenible Agrícola	8
1.14.	Definición de las Buenas Prácticas Agrícolas (BPA).....	9
1.14.1.	Condiciones básicas para el uso de las BPA	10
1.14.2.	Lineamientos para el uso de BPA	11
1.14.3.	Condiciones ambientales en el área de los procesos.....	11
1.15.	Principios fundamentales para la implementación de las BPA.	12
1.15.1.	Marco conceptual de las BPA incluyen los siguientes recursos y disciplinas para elaborar la gestión de calidad de diversos sistemas de producción.....	12
1.16.	Qué es el análisis de riesgos y puntos críticos de control	14
1.16.1.	Definiciones utilizadas en el sistema (HACCP)	15
1.16.2.	Propósitos y principios del sistema (HACCP).....	17
1.16.3.	Los 7 principios básicos del sistema (HACCP)	18
1.16.3.1.	Principio 1: identificar y analizar riesgos.....	19
1.16.3.2.	Principio 2: determinar los puntos críticos de control	20
1.16.3.3.	Principio 3: establecer límites críticos o especificaciones para cada punto crítico de control	21
1.16.3.4.	Principio 4: definir procedimientos de monitoreo para cada punto crítico de control.....	22
1.16.3.5.	Principio 5: establecer acciones correctivas que deben ser tomadas cuando el monitoreo indique la	

	ocurrencia de una desviación en limite crítico establecido	24
1.16.3.6.	Principio 6: establecer procedimientos de registro o toma de datos que documenten el sistema (HACCP)	25
1.16.3.7.	Principio 7: establecer procedimientos de verificación para determinar que el sistema está trabajando correctamente.....	26
1.17.	Regulaciones generales del sistema	29
1.17.1.	Regulaciones de la Administración de Medicamentos y Alimentos (FDA) para los sistemas HACCP	30
1.17.1.1.	Principio 1	30
1.17.1.2.	Principio 2	31
1.17.1.3.	Principio 3	31
1.17.1.4.	Principio 4	32
1.17.1.5.	Principio 5	32
1.17.1.6.	Principio 6	33
1.17.1.7.	Principio 7	34
1.17.2.	Regulaciones del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) para los sistemas HACCP	35
1.17.2.1.	Principio 1	36
1.17.2.2.	Principio 2	37
1.17.2.3.	Principio 3	38
1.17.2.4.	Principio 4	39
1.17.2.5.	Principio 5	40
1.17.2.6.	Principio 6	41

1.17.2.7.	Principio 7.....	43
2.	DIAGNÓSTICO DE LA SITUACION ACTUAL	45
2.1.	Descripción de las instalaciones en la producción de las plántulas.....	46
2.1.1.	Subárea de lavado, secado y siembra en bandejas.....	47
2.1.2.	Subárea de Invernaderos	47
2.1.3.	Subárea de bodega.....	51
2.1.4.	Subárea de cámara de germinación	52
2.1.5.	Subárea de cosecha y despacho de Plántulas.....	53
2.2.	Equipo de trabajo utilizado en el proceso de producción de plántulas.....	53
2.2.1.	Termohigrómetro.....	54
2.2.2.	Balanza digital.....	54
2.2.3.	Dispensador de semilla	55
2.2.4.	Registros de uso interno en el proceso de producción de plántulas.....	55
2.3.	Característica de la bandeja para la producción de plántulas ..	55
2.4.	Desinfección de bandejas para la producción de plántulas.....	56
2.5.	Características principales de los sustratos para la producción de plántulas	57
2.5.1.	Manejo del agua.....	58
2.5.2.	Tipos de riego.....	58
2.5.3.	Fertilización	60
2.5.4.	Uso de agroquímicos	60
2.6.	Descripción del proceso de producción de plántulas	61
2.6.1.	Planificación de siembra.....	61
2.6.2.	Llenado de bandejas	62

2.6.3.	Siembra de la semilla	62
2.6.4.	Período de germinación y brote de semilla.....	62
2.6.5.	Riego	63
2.6.6.	Nutrición de la planta	63
2.6.7.	Muestreo.....	64
2.6.8.	Manejo fitosanitario.....	64
2.6.9.	Cosecha de las plántulas.....	64
2.6.10.	Control de mortandad de plántulas.....	65
2.6.11.	Transporte de las plántulas.....	66
2.6.12.	Diagrama de flujo del proceso de producción de plántulas	66
2.6.13.	Descriptor de puestos del personal a cargo de la producción de plántulas	70
	2.6.13.1. Encargado de CDDT	70
	2.6.13.2. Encargado de producción.....	71
	2.6.13.3. Planificador del CDDT	71
	2.6.13.4. Técnicos de campo.....	71
2.7.	Análisis de FODA de la CDDT-DAPCA-VISAN-MAGA.....	72
	2.7.1. Fortalezas.....	72
	2.7.2. Oportunidades	74
	2.7.3. Debilidades.....	75
	2.7.4. Amenazas.....	77
2.8.	Capacidad instalada de la CDDT-DAPCA-VISAN-MAGA	77
2.9.	Identificación de usuarios del programa	78
	2.9.1. Huertos familiares.....	78
	2.9.2. Huertos escolares con fines pedagógicos	79
2.10.	Clasificación de semillas.....	81
	2.10.1. Proveedor de semilla	82
	2.10.1.1. Selección de semilla	82

2.11.	Listado y características de plántulas suministradas a los beneficiarios	83
2.12.	Historial de producción.....	84
2.12.1.	Monitoreo de planes de producción	88
2.12.2.	Descripción y periodicidad del monitoreo en los procesos.....	92
2.12.3.	Evaluación de la problemática que se genera por la productividad	92
3.	PROPUESTA PARA EL USO DE LAS BUENAS PRÁCTICAS	97
3.1.	Elementos que conforman las Buenas Prácticas Agrícolas (BPA).....	97
3.1.1.	Agua.....	97
3.1.1.1.	Calidad del agua	98
3.1.2.	Sustrato.....	99
3.1.2.1.	Clasificación de los sustratos	100
3.1.2.2.	Características deseables de los sustratos.....	104
3.1.3.	Variedad de semillas	105
3.1.4.	Riego.....	107
3.1.4.1.	Riego por surcos	108
3.1.4.2.	Riego localizado	108
3.1.4.3.	Riego por aspersión	109
3.1.5.	Fertilización	111
3.2.	Características de la producción de cultivos	115
3.2.1.	La observación directa	115
3.2.2.	La planificación.....	115
3.3.	Protección de cultivos de plagas y enfermedades	116
3.3.1.	Prácticas para evitar plagas y enfermedades.....	118

3.3.2.	Dstrucción de residuos de cosechas dañadas....	120
3.3.3.	Plantas trampa.....	121
3.3.4.	Limpieza de herramientas.....	122
3.3.5.	Invernadero limpio	123
3.3.5.1.	Desinfección en Invernaderos	123
3.3.5.2.	Labores culturales y personal	125
3.4.	Manejo de los desechos	127
3.4.1.	Manejo de desechos sólidos.....	128
3.4.1.1.	Residuos Plásticos	129
3.4.1.2.	Residuos Vegetales.....	129
3.4.1.3.	Residuos de Envases de Agroquímicos.....	129
3.4.2.	Manejo de desechos líquidos	130
3.4.3.	Plan de contingencia para los desechos generados.....	130
3.5.	Señalización para el área de producción de plántulas	132
3.5.1.	Subárea de lavado, secado y siembra en bandejas	135
3.5.2.	Subárea de invernaderos	136
3.5.3.	Subárea de bodega	136
3.5.4.	Subárea cámara de germinación.....	137
3.5.5.	Subárea de cosecha y despacho de plántulas	137
4.	PROPUESTA PARA EL MANEJO SOSTENIBLE AGRÍCOLA EN EL CDDT	139
4.1.	Efectos del clima sobre la producción de plántulas y humus de lombriz	139
4.2.	Control fitosanitario en el CDDT-DAPCA-VISAN-MAGA	141
4.2.1.	Observación Directa	141

4.2.2.	Controles de temperatura, humedad e iluminación	142
4.2.3.	Agentes fitopatógenos.....	143
4.2.3.1.	Manejo integrado de plagas (MIP)	144
4.3.	Medidas de control fitosanitarios	146
4.3.1.	Semilla certificada	146
4.3.2.	Eliminación de residuos.....	148
4.3.3.	Eliminación de material de origen orgánico.....	149
4.3.4.	Plántulas dañadas.....	150
4.3.5.	Uso de barreras y puertas dobles	151
4.3.6.	Malla antiáfidos	152
4.3.7.	Cultivos trampa	153
4.3.8.	Tapete sanitizante	153
4.3.9.	Desinfección de instalaciones y equipo.....	154
4.3.10.	Aplicación de pesticidas	156
4.3.11.	Evitar riegos pesados.....	162
4.3.12.	Equipo de protección personal	165
4.3.13.	Pediluvio.....	167
4.4.	Apoyo al personal	169
4.4.1.	Capacitaciones programadas en las áreas de trabajo	169
4.4.2.	Hoja de registro e identificación del personal inscrito para la capacitación de las BPA	170
5.	SEGUIMIENTO PARA LA MEJORA CONTINUA EN LA PRODUCCIÓN DE PLANTULAS EN EL CDDT	173
5.1.	Herramientas para conseguir la mejora continua:	175
5.2.	Propuesta de mejora continua en el CDDT.....	179
5.2.1.	Programación de Siembra.....	179

5.2.2.	Lavado de 12 bandejas para siembra de plántulas	180
5.2.3.	Lavado de Caja Plástica para transporte de plántulas	181
5.2.4.	Preparación de sustrato.....	182
5.2.5.	Producción de 200 plántulas.....	183
5.3.	Propuesta para el diseño del sistema de análisis de riesgos y puntos críticos.....	186
5.3.1.	Identificación de etapas y análisis de riesgo.....	186
5.3.1.1.	Programación de Siembra	190
5.3.1.2.	Lavado de bandejas para la siembra de plántulas	190
5.3.1.3.	Preparación del sustrato.....	192
5.3.1.4.	Lavado de cajas plásticas para transporte de plántulas	193
5.3.1.5.	Siembra y cosecha de plántulas	193
5.4.	Puntos críticos de control	197
5.4.1.	Límites críticos para cada punto crítico de control.....	199
5.4.2.	Procedimientos de monitoreo y acción correctiva	200
5.4.3.	Procedimientos de registro de datos	203
5.4.4.	Procedimientos de verificación	209
	CONCLUSIONES	213
	RECOMENDACIONES	217
	BIBLIOGRAFÍA.....	221
	APÉNDICE.....	227

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Organigrama de la Dirección de Apoyo a la Producción Comunitaria de Alimentos (DAPCA).....	5
2.	Áreas del Centro Demostrativo de Desarrollo Tecnológico (CDDT)	7
3.	Subárea de lavado, secado y siembra en bandejas.....	47
4.	Subárea de invernaderos	48
5.	Vista frontal del invernadero.....	49
6.	Bodega.....	51
7.	Lavado de bandejas en el CDDT	57
8.	Simbología utilizada en el diagrama de flujo	67
9.	Diagrama de recorrido del proceso para la producción de plántulas en el CDDT	70
10.	Modelo de una granja integral autosostenible.....	94
11.	Modelo de implementación de nuevas áreas en el CDDT	95
12.	Sistema de riego en el CDDT.....	110
13.	Forma de transmisión de algunas enfermedades	127
14.	Relación de colores de seguridad	132
15.	Ejemplos de pictogramas	134
16.	Código de colores y símbolos en contenedores de basura.....	134
17.	Croquis de la subárea de lavado, secado y siembra en bandejas del CDDT	135
18.	Termómetro higrómetro digital para interiores / exteriores.....	142
19.	Luxómetro digital	143

20.	Invernadero No. 1 del CDDT	151
21.	Colores de trampas y tipo de insectos que capturan	153
22.	Tapete sanitizante.....	154
23.	Armario para productos fitosanitarios	158
24.	Valores normales de parámetros en agua de riego	163
25.	Kit para análisis de agua.....	165
26.	Pediluvio	168
27.	Diagrama de recorrido del proceso de producción de plántulas	185
28.	Flujograma de programación de siembra	187
29.	Flujograma de lavado de bandejas para la siembra de plántulas	187
30.	Flujograma de lavado de caja plástica para transporte de plántulas ..	188
31.	Flujograma de preparación del sustrato.....	188
32.	Producción de plántulas.....	189
33.	Evaluación de los riesgos a la salud.....	196
34.	Árbol de decisiones para identificas puntos críticos de control.....	197

TABLAS

I.	Días estimados en germinador de diferentes cultivos.....	53
II.	Tiempos de germinación de plántulas en el CDDT	65
III.	Diagrama de flujo del proceso de programación de siembra en el CDDT	68
IV.	Diagrama de flujo del proceso de lavado de 12 bandejas para siembra de plántulas en el CDDT	68
V.	Diagrama de flujo del proceso para la producción de 200 plántulas en el CDDT	69
VI.	Porcentaje de germinación según el año de compra	83
VII.	Cantidad de huertos implementados en el año 2018 por el DAPA	84

VIII.	Cantidad de huertos implementados por del DAPA con plántulas en el año 2018	85
IX.	Cantidad de huertos implementados en el año 2019 por el DAPA	86
X.	Cantidad de huertos implementados por el DAPA con plántulas en el año 2019	86
XI.	Cantidad de plántulas producidas en el año 2018 y 2019 en el CDDT	87
XII.	Cantidad de producción de plántulas en el CDDT en el año 2019	88
XIII.	Cantidad de plántulas sembradas por cada huerto escolar con fines pedagógicos especiales 2019	89
XIV.	Cantidad de plántulas sembradas por cada huerto escolar con fines pedagógicos meta 2019	90
XV.	Cantidad de plántulas sembradas por cada huerto familiar especial 2019	91
XVI.	Ventajas y desventajas de sustratos según el contenido de la mezcla.....	102
XVII.	Características del ambiente del cultivo en bandejas y del suelo	102
XVIII.	Fertilizante requerido por litro de agua de riego diario	112
XIX.	Efectos de plantas trampa.....	121
XX.	Ficha de control fitosanitario en invernaderos.....	145
XXI.	Ficha de recepción de semilla.....	148
XXII.	Ficha de mortandad de plántulas	150
XXIII.	Ficha de control de productos fitosanitarios	162
XXIV.	Ficha de capacitaciones impartidas en CDDT	171
XXV.	Diagrama de flujo propuesto del proceso de programación de siembra	180
XXVI.	Diagrama de flujo propuesto del proceso lavado de 12 bandejas para siembra de plántulas	181
XXVII.	Diagrama de flujo propuesto del proceso lavado de caja plástica para transporte de plántulas.....	182

XXVIII.	Diagrama de flujo propuesto del proceso preparación de sustrato	183
XXIX.	Diagrama de flujo propuesto del proceso de siembra y cosecha de 200 plántulas	184
XXX.	Puntos críticos de control en la producción de plántulas	198
XXXI.	Medidas preventivas y límites de control de los PCC de producción de plántulas	199
XXXII.	Procedimientos de monitoreo para la producción de plántulas.....	201
XXXIII.	Acciones correctivas para la producción de plántulas	202
XXXIV.	Listado de fichas propuestas para la medición de límites críticos en la producción de plántulas	205
XXXV.	Ficha de condiciones físicas y climáticas.....	206
XXXVI.	Ficha de reporte de falta de uso de EPP	207
XXXVII.	Ficha de medición de cloro	207
XXXVIII.	Ficha de programación diaria de siembra.....	208
XXXIX.	Ficha de análisis de agua	208
XL.	Ficha de control de herramienta y equipo de trabajo.....	209
XLI.	Ficha de procedimiento de verificación.....	211
XLII.	Ficha de calibración de equipo	212

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
a.m.	Antes del mediodía
cm	Centímetros
pH	Concentración de iones de hidrogeno
dS/m	Decisiemens por metro
p.m.	Después del mediodía
CO₂	Dióxido de carbono
€	Euros
°C.	Grados Celsius
l	Litro
m	Metros
m²	Metros cuadrados
m³	Metros cúbicos
meq/l	Miliequivalentes por litro
mg/L	Miligramo por litro
mm	Milímetro
mmhos/cm	Milimhoms por centímetro
micrón	Millonésima parte de metro
ppm	Partes por millón
%	Porcentaje

GLOSARIO

BPA	Buenas prácticas agrícolas.
CDDT	Centro Demostrativo de Desarrollo Tecnológico.
COCODES	Consejos Comunitarios de Desarrollo Urbano y Rural.
COEDUCAS	Comités educativos encargados de la administración de escuelas.
DAPA	Departamento de Apoyo a la Producción de Alimentos.
DAPCA	Dirección de Apoyo a la Producción Comunitaria de Alimentos.
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
FDA	Administración de Medicamentos y Alimentos de los Estados Unidos.
Guatecompras	Sistema de Información de Contrataciones y Adquisiciones del Estado.
HACCP	Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control.

INTECAP	Instituto Técnico de Capacitación y Productividad.
ISO	Organización Internacional de Normalización.
LNS	Laboratorio Nacional de Salud.
MAGA	Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación.
MINEDUC	Ministerio de Educación.
MIP	Manejo integrado de plagas.
OMS	Organización Mundial de la Salud.
PCC	Punto crítico de control.
PIPAA	El Programa Integral de Protección Agrícola y Ambiental.
PRODEV	Programa para la Implementación del Pilar Externo del Plan de Acción a Mediano Plazo para la Efectividad en el Desarrollo.
RENAP	Registro Nacional de las Personas.
USD	Dólares americanos.
USDA	Departamento de Agricultura de los Estados Unidos.

VISAN

Viceministerio de Seguridad Alimentaria y Nutricional.

RESUMEN

La presente tesis está realizada con el propósito de proponer un diseño del manejo sostenible en la producción de plántulas hortícolas en el CDDT de la DAPCA del VISAN-MAGA ya que en la actualidad no cuentan con lineamientos ni con medidas de control que sean documentadas y evaluadas para mejorar la calidad de las plántulas que producen, el enfoque está dirigido a utilizar al máximo los recursos disponibles y necesarios, y así obtener una reducción de costos como consecuencia de mejorar los procesos, el tiempo de producción, la calidad de las plántulas y tener mejor eficiencia en las áreas utilizadas para el proceso de producción.

Se describe el propósito por el cual fue creada la DAPCA definiendo su estructura administrativa, los lineamientos sobre los cuales deben ser encaminadas sus actividades sociales y la disponibilidad de extensión territorial disponible para el funcionamiento de la subárea de producción de plántulas.

Se da a conocer la situación actual del funcionamiento de cada una de las actividades que se realizan en el proceso de producción de plántulas y serán mostradas a través de un diagrama de flujo, lo cual servirá como base de información para la realización de una propuesta de mejora continua y un análisis de sistema HACCP.

Se proporciona información de los conceptos de buenas prácticas agrícolas y manejo sostenible con el propósito de tener una mejor orientación para plantear medidas de producción ecológicamente seguras y de mejor calidad, incorporando el manejo de desechos y los lineamientos con los que deberían de cumplir las

instalaciones, equipo, herramientas y el personal a fin de evitar pérdidas debido a contaminación con agentes patógenos que enferman y dañan a las plántulas.

Se describe información teórica del sistema HACCP y del análisis de riesgos realizado en cada etapa de producción, luego se presentan: los PCC potenciales en cada actividad del proceso, los límites críticos de aceptabilidad del control, un procedimiento de monitoreo, propuestas de fichas para la recolección de información, descripción de las acciones correctivas en caso de que ocurra una variación y el procedimiento de validación de dicho sistema.

OBJETIVOS

General

Determinar mediante un Análisis de Riesgos y Puntos Críticos (HACCP) los lineamientos básicos para la aplicación de Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) en el CDDT de la DAPCA-VISAN-MAGA.

Específicos

1. Establecer la situación actual de los procesos de producción de plántulas por medio de la elaboración del diagrama de flujo del proceso.
2. Determinar la capacidad de productividad en los invernaderos utilizados en la producción de plántulas.
3. Realizar una evaluación de Análisis de Riesgos y Puntos Críticos en el proceso de producción de plántulas bajo condiciones de invernadero.
4. Establecer los controles de puntos críticos y fitosanitarios utilizados en el CDDT de la DAPCA-VISAN-MAGA.

5. Determinar y documentar procedimientos de monitoreo y acciones correctivas en el proceso de producción de plántulas para cumplir con BPA.
6. Describir las condiciones de manejo de desechos sólidos y líquidos para proponer un plan de contingencia para los desechos generados en la producción de plántulas en los invernaderos.
7. Capacitar al personal involucrado en la producción de plántulas sobre el manejo de las BPA.

INTRODUCCIÓN

La Dirección de Apoyo a la Producción Comunitaria de Alimentos del Viceministerio de Seguridad Alimentaria y Nutricional del Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación (DAPCA-VISAN-MAGA) cuenta con un área para la producción de plántulas ubicada en el Centro Demostrativo de Desarrollo Tecnológico (CDDT) y tiene como propósito proveer plantas hortícolas a nivel nacional para la implementación de huertos escolares en centros educativos y huertos familiares a grupos de familias organizadas.

Los huertos son realizados como parte del mejoramiento de la seguridad alimentaria y nutricional de los guatemaltecos beneficiados, en la mayoría DAPCA -VISAN-MAGA proporciona semillas para la producción de hortalizas y plántulas en menor cantidad, siendo las últimas las más solicitadas por los beneficiarios directos ya que, con ello, existe un mejor aprovechamiento de la semilla en virtud que el desarrollo de la plántula es más uniforme, tiene bajo porcentaje de mortandad en el trasplante y el tiempo de cosecha es menor.

Para mejorar la productividad en el CDDT se planteará un diseño de manejo sostenible utilizando un Análisis de Peligros para determinar Puntos Críticos de Control conocido como HACCP, dirigido a la identificación, evaluación y control de los peligros asociados a procesos, ambiente, materia prima, equipo y herramientas que se utilizan para la producción de plántulas, se propondrán medidas preventivas y correctivas para controlar peligros físicos, químicos o biológicos.

Lo descrito anteriormente se realizará con un enfoque dirigido a utilizar al máximo los recursos disponibles y necesarios, y así obtener una reducción de costos como consecuencia de mejorar los procesos, el tiempo de producción, la calidad de las plántulas y tener mejor eficiencia en las áreas utilizadas para el proceso de producción.

1. ANTECEDENTES GENERALES

1.1. Antecedentes del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA)

En agosto del año 1871 a través del Decreto Gubernativo número 14, el gobierno de Guatemala elimino el Consulado del Comercio y fundó el Ministerio de Fomento para mejorar el comercio, la agricultura, la ganadería y obras públicas.

El 1 de agosto del año 1899 fue establecida la Dirección de Agricultura siendo agregada al Ministerio de Fomento.

A través del Decreto Legislativo No. 1 042 realizado en mayo del año 1920 fue creado el Ministerio de Agricultura, pero se le llamo hasta el año 1933 Despacho de Agricultura de la Secretaría de Agricultura.

En el año 1944 por Decretos Gubernativos se le denomino Secretaría de Estado en el Despacho de Economía y pronto se le llamo Secretaría de Agricultura y Minería.

Por Decreto Legislativo No. 93 el 25 de abril de 1945 se le llamo Ministerio de Agricultura.

El Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación recibió el nombre que tiene a la fecha por medio del Decreto Legislativo No. 51-81 con fecha de diciembre de 1981.

1.2. Antecedentes del Viceministerio de Seguridad Alimentaria y Nutricional (VISAN)

El VISAN del MAGA se crea inicialmente a través del Reglamento Orgánico Interno del Acuerdo Gubernativo No. 90 - 2 003, el cual se modificó en el año 2005 en el Acuerdo Gubernativo No. 216 - 2 005. Según el Decreto 32 - 2 005 se crea la Ley del Sistema Nacional de Seguridad Alimentaria y Nutricional.

1.3. Antecedentes de la Dirección de Apoyo a la Producción Comunitaria de Alimentos (DAPCA)

El 19 de noviembre del año 2010 se establecen oficialmente las modificaciones contempladas en el Reglamento Orgánico Interno que obedecen a la estructura del MAGA a través del acuerdo gubernativo 338-2 010, donde se establece en el artículo No. 2 las funciones del DAPCA a través de sus departamentos, los cuales son:

- Departamento de Apoyo a la Producción de Alimentos (DAPA).
- Departamento de Agricultura Urbana (DAU).
- Departamento de Almacenamiento de Alimentos (DADA).

Para su mejor funcionamiento, la DAPCA tiene implementados proyectos demostrativos de agricultura, los cuales son:

- Centro Demostrativo de Desarrollo Tecnológico (CDDT).
- Pilonera Demostrativa (PD).

1.4. Misión

Garantizar la disponibilidad y acceso de alimentos, por medio de alternativas de producción y de alimentación a las personas de los municipios con índices de inseguridad alimentaria y nutricional; a través de la asistencia técnica periódica y dotación de insumos; mediante la ejecución de proyectos agropecuarios en las comunidades.¹

1.5. Visión

La Dirección de Apoyo a la Producción de Comunitaria Alimentos tiene como visión de trabajo la asistencia técnica y dotación de insumos a personas beneficiadas en transferencia de tecnologías (teórico-práctico), dentro del marco de los programas que se ejecutan. A través de estas actividades, se dejarán capacidades instaladas, las cuales generarán un valor social en los beneficiarios, obteniendo como resultado principal a largo plazo, apoyar en la disminución de la inseguridad alimentaria y mejorar la disponibilidad de producción de alimentos para autoconsumo, a nivel nacional.²

1.6. Objetivo social

Promover el desarrollo de sistemas sostenibles de producción agropecuaria comunitaria en poblaciones rurales vulnerables a la inseguridad alimentaria, por medio de la dotación de insumos productivos y asistencia técnica.³

1.7. Objetivos específicos

- Promover la participación activa de comunidades a nivel nacional, con la implementación de sistemas sostenibles de producción de alimentos locales con valor nutricional destinados al consumo familiar.
- Promover la conservación y consumo apropiado de los alimentos producidos por las familias y la comunidad con el propósito de contribuir a su aprovechamiento biológico.

¹ DAPCA. *Funciones del DAPCA Abril 2020*. p. 6

² *Ibíd.* p. 6.

³ *Ibíd.* p. 7.

- Incrementar la producción agrícola de las familias guatemaltecas para superar las etapas de subsistencia y generar más producción para ser comercializada.

1.8. Política agrícola

Las políticas agrícolas en la que se fundamenta la DAPCA se encuentran establecidas sobre el marco legal que se muestra a continuación:

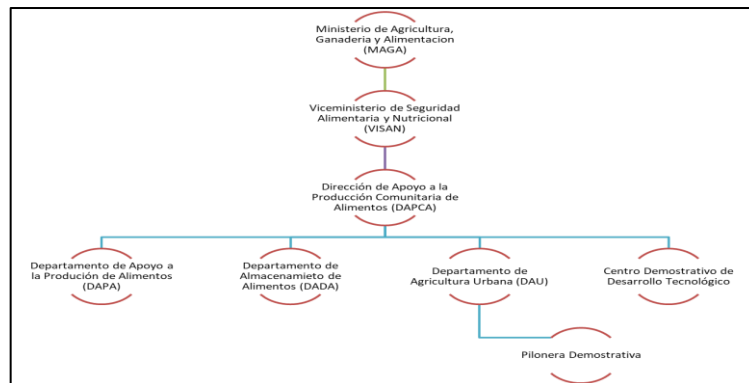
- Constitución Política de la República de Guatemala.
- Política de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente.
- Política General de Gobierno.
- Política de Seguridad Alimentaria y Nutricional.
- Ley del Organismo Ejecutivo, Decreto No. 114 - 97 del Congreso de la República de Guatemala.
- Ley del Sistema Nacional de Seguridad Alimentaria y Nutricional, Decreto No. 32 - 2 005 del Congreso de la República de Guatemala.
- Reglamento de la Ley del Sistema Nacional de Seguridad Alimentaria y Nutricional, Acuerdo Gubernativo No. 75 - 2 006.
- Reglamento Orgánico Interno del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, Acuerdo Gubernativo No. 338 - 2 010.

- Ley de Alimentación Escolar, Decreto No. 16 - 2 017 del Congreso de la República de Guatemala.
- Reglamento de la Ley de Alimentación Escolar, Acuerdo Gubernativo No. 183 - 2 018.

1.9. Organigrama

En la siguiente figura 1, se puede observar la estructura organizacional y los niveles de jerarquía del DAPCA.

Figura 1. **Organigrama de la Dirección de Apoyo a la Producción Comunitaria de Alimentos (DAPCA)**



Fuente: Dirección de Apoyo a la Producción Comunitaria de Alimentos VISAN- MAGA.

Funciones de la DAPCA Abril 2020. p. 8.

1.10. Producción de plántulas bajo condiciones de invernadero

La producción de hortaliza de buena calidad inicia con la producción de plántulas en condiciones controladas de invernaderos con el fin de que estén sanas y tengan características apropiadas para la siembra, por ejemplo: las

plántulas que son vigorosas con raíces bien desarrolladas con buena absorción de agua y nutrientes no sufren estrés al momento del transparente lo cual asegura un crecimiento rápido y uniforme.

1.11. Centro Demostrativo de Desarrollo Tecnológico (CDDT)

El CDDT entre sus funciones tiene el brindar capacitaciones relacionadas a prácticas agrícolas que fomenten la producción de alimentos a nivel familiar, producir plántulas para la implementación de huertos familiares y escolares gestionados por la DAPCA y producción de hortalizas, abono orgánico, avícola y piscicultura con el fin de realizar capacitaciones con métodos prácticos de explicación y demostración ya que la información se recuerda más cuando es aplicada a través de realizar actividades agrícolas.

Se ha tenido la participación de representantes del Ministerio de Educación, personal docente y alumnos, que recibieron capacitación para la implementación de huertos escolares, así como también, se ha capacitado a grupos de jefes de familia y representantes comunitarios de los COCODES.

1.11.1. Ubicación para el desarrollo de CDDT

Las instalaciones se encuentran en el área de campo agrícola del edificio La Ceiba ubicado en el Km 22 carretera al pacífico de Bárcenas Villa Nueva y está limitado al noroccidente con El Laboratorio Nacional de Salud (LNS), al suroccidente con el área deportiva del MAGA, al norte y sureste con área verde.

1.11.2. Extensión territorial y su división por áreas

La extensión territorial del CDDT es de 6 879,66 m² y se encuentra dividida en las áreas que se muestran en la figura 2.

Figura 2. **Áreas del Centro Demostrativo de Desarrollo Tecnológico (CDDT)**

1. Área de Abono Orgánico
2. Área de Plantas Medicinales
 - 2.1. Huerto Medicinal
 - 2.2. Jardín de Clonación
 - 2.3. Invernadero de reproducción de Plantas Medicinales y Forestales
3. Área de Producción de Plántulas de invernadero
 - 3.1. Lavado, secado y siembra en bandejas
 - 3.2. Invernaderos
 - 3.3. Bodega
4. Área de Huerto Escolar Pedagógico Demostrativo
5. Área de Huerto Familiar Demostrativo
 - 5.1. Huerto Familiar Tradicional
 - 5.2. Huerto Familiar Productivo
6. Área de Piscicultura
7. Área Avícola
8. Área de Capacitación
9. Bodega de agroquímicos, herramientas agrícolas, Peat-moss, bandejas para plántulas y cajas para traslado de plántulas.
10. Área para la instalación del sistema de riego por medio de bomba.
11. Área de servicios sanitarios y ducha



Fuente: elaboración propia, empleando Office 365.

1.12. Cobertura de ejecución de la CDDT-DAPCA-VISAN-MAGA

La cobertura de capacitaciones y de producción de plántulas en el CDDT es establecida por la DAPCA y depende de la cantidad de solicitudes que ingresen por parte de establecimientos y de grupos organizados de familias que desean conocer y tener una mejor visión o idea de cómo pueden implementar en su comunidad granjas integrales, según sus necesidades de producción, para que les ayuden en la economía y en la alimentación del núcleo familiar.

- Los huertos escolares demostrativos se realizan con fines pedagógicos y alimenticios.
- Los huertos familiares se implementan para el desarrollo autosostenible de las familias.

1.13. Definición de Manejo Sostenible Agrícola

La agricultura sostenible es la que contribuye a mejorar los recursos agrícolas, producidos en ambientes sanos, que económicamente sean viables y que mejoran la calidad de vida del productor.

En un concepto simple la agricultura sostenible coincide esencialmente con el de la agricultura biológica y ecológica, que son amigables al ambiente, pero además contempla el ciclo de producción de los cultivos, la aceptación social y permite la utilización de productos químicos en las siembras, cosa no admitida en la agricultura ecológica. Un sistema agrícola puede ser considerado sostenible cuando cada año los productores mejoran las condiciones de los árboles, animales, cultivos y medio ambiente.

La agricultura sostenible se compone de tres objetivos principales:

- Salud Ambiental.
- Rentabilidad económica.
- Equidad social y económica.

1.14. Definición de las Buenas Prácticas Agrícolas (BPA)

“Se define como una serie de tecnologías y técnicas realizadas en el campo destinadas a obtener productos frescos, de excelente calidad, con altos rendimientos económicos, haciendo énfasis en el manejo integrado de plagas y enfermedades, conservando los recursos naturales y el medio ambiente, minimizando así los riesgos para la salud humana”.⁴

Las Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) constituyen una herramienta segura para garantizar a los consumidores que el producto adquirido fue manejado adecuadamente. Con la aplicación de las BPA se obtienen los beneficios siguientes:

- Los agricultores obtienen un valor añadido de sus productos.
- Los consumidores confían que están adquiriendo alimentos confiables y de calidad.
- La industria y los comerciantes ofrecen productos de alta calidad.
- La sociedad tiene un mejor ambiente por la agricultura sostenible aplicada.

Las acciones de BPA corresponden desde la siembra, producción, procesamiento y transporte de productos de origen agropecuario con el único propósito de asegurar la inocuidad del producto en todo el proceso, las condiciones apropiadas del trabajo, la protección del medio ambiente y las

⁴ BARRIENTOS, Yesi. *Buenas Prácticas Agrícolas*. <https://prezi.com/p/844vczprpmh/buenas-practicas-agricolas/>. Consulta: 04 de abril 2020.

personas. En lo que respecta a productos pecuarios debe ser incluido el bienestar de los animales.

1.14.1. Condiciones básicas para el uso de las BPA

Deben de tomarse medidas necesarias para mantener la higiene y limpieza en el lugar de producción de siembras entre las cuales se puede indicar:

- Instalación de basureros en puntos estratégicos del huerto y establecer una periodicidad de recolección de basura y de limpieza.
- El huerto debe estar libre de basuras en los tabloncillos, canales de riego, los caminos internos y alrededor de las construcciones.
- No debe haber restos de materiales tales como papeles, plásticos, envases, fertilizantes, productos fitosanitarios, restos de cajas, entre otros.
- En los huertos no debe haber ingreso de animales domésticos.
- En los casos de granjas integrales se deben tomar todas las medidas necesarias para evitar la contaminación del agua, producto y de otros materiales utilizados en el huerto, manteniendo perímetros que estén en buenas condiciones.
- Se debe manejar el resguardo adecuado de todos los insumos y herramientas que se utilizan para la producción.

1.14.2. Lineamientos para el uso de BPA

Toda empresa o institución que se dedique a la producción de plántulas bajo condiciones de invernadero debe de cumplir con las normas básicas de inocuidad y seguridad alimentaria por lo que es recomendable cumplir con normas básicas de BPA.

Las BPA, según FAO/OMS consisten:

En la aplicación del conocimiento disponible a la utilización sostenible de los recursos naturales básicos para la producción, en forma benévola, de productos agrícolas alimentarios y no alimentarios, inocuos y saludables, a la vez que se procura la viabilidad económica y la estabilidad social.⁵

1.14.3. Condiciones ambientales en el área de los procesos

El ambiente está compuesto por factores y elementos químicos, físicos y biológicos interrelacionados entre sí, cuando los ambientes naturales se modifican para desarrollar la agricultura, se transforman en agro ecosistemas agrícolas. Las modificaciones pueden ser de tal magnitud que se generan verdaderos sistemas artificiales, como el interior de los invernaderos, donde se crean condiciones micro ambientales específicos, de acuerdo a las necesidades de los cultivos.

Los factores y elementos más importantes en la generación de ambientes artificiales en el interior de los invernaderos son: ambiente, luz, temperatura, humedad y dióxido de carbono (CO₂).

⁵ Red de BPA. *Lineamientos de Base BPA*. p. 4.

La función de los invernaderos es cubrir las siembras para proteger a las plantas de los factores ambientales desfavorables para su desarrollo, ya que en su interior es posible generar las condiciones más apropiadas para el crecimiento y progreso de las plantas en condiciones ideales.

El tipo de invernadero a instalar en un lugar, así como su diseño y orientación, es determinado por las condiciones ambientales presentes. El ambiente interno o micro clima en el interior del invernadero dependerá del tipo de cultivo que se produzca.

En forma secundaria, pero no menos importante, los invernaderos modifican la acción de efectos negativos de otros elementos, como son los vientos, las granizadas y las lluvias. Además, contribuyen a controlar otros elementos como la disponibilidad de humedad del sustrato y las plagas.

1.15. Principios fundamentales para la implementación de las BPA

Para la implementación de BPA se deben conocer las necesidades básicas para el cuidado de los cultivos y las condiciones generales de orden e higiene del lugar por medio de indicadores de cumplimiento los cuales puedan valorar el sitio de producción. Estos se conocerán aplicando controles de desempeño en todo el proceso de producción.

1.15.1. Marco conceptual de las BPA incluyen los siguientes recursos y disciplinas para elaborar la gestión de calidad de diversos sistemas de producción

Para el desarrollo y aplicación de las Buenas Prácticas Agrícolas se debe incluir el estudio de 11 recursos y disciplinas de calidad en todos los procesos de producción, los cuales se describen a continuación:

- Agua: debe ser de buena calidad y evitar que existan contaminantes en ella.
- Suelo: mejorar constantemente el rendimiento de nutrientes de los suelos.
- Producción de cultivos: selección de cultivos adecuados al clima, establecer rotación de siembra de cultivos, manejo de desechos de cultivos anteriores, aplicar de forma correcta los fertilizantes.
- Protección de los cultivos: tener variedades de siembras resistentes y tolerantes a plagas y enfermedades típicas del cultivo.
- Producción animal: evitar contaminantes en el alimento y estiércol.
- Salud Animal: cuidar el estado fisiológico de los animales.
- Bienestar animal: asegurar que los animales se alimenten correctamente, que no sufran dolores ni enfermedades y que las instalaciones sean confortables.
- La cosecha, postcosecha y almacenamiento: aplicar normas adecuadas para este fin.
- Gestión de residuos: reducir la contaminación debido al mal manejo de residuos.
- Bienestar, seguridad y salud de todas las personas que trabajan en la agricultura.

- La naturaleza y el paisaje: velar por que la agricultura no dañe el medio ambiente.

1.16. Qué es el análisis de riesgos y puntos críticos de control

Es un sistema que proporciona un método con el fin de evitar o reducir los peligros de contaminación en la producción de alimentos. En esta metodología es necesario que se realice una evaluación cuidadosa de todos los factores internos y externos que intervienen en el proceso, desde que se recibe la materia prima hasta obtener el producto terminado.

En todo el proceso se especifican todas las operaciones que deben mantenerse bajo un estricto control para asegurar que el producto final cumpla con las especificaciones microbiológicas y fisicoquímicas que se han establecido. Cada una de estas operaciones que deben mantenerse bajo control se les denomina Punto Crítico de Control (PCC) para diferenciarse de las operaciones en donde no se requiere de un control tan estricto.

Dentro de los beneficios del HACCP se pueden mencionar los siguientes:

- Contribuye en una notable disminución de los efectos causados al consumidor por las enfermedades transmitidas por alimentos.
- Exige un mejor conocimiento de los procesos y ayuda a identificar los puntos de riesgo a controlarse.
- Disminuye o elimina la posibilidad de desarrollo o contaminación del alimento con factores físicos o químicos que pudiesen deteriorar la calidad de un producto y poner en peligro la salud del consumidor.

- Mejora la eficacia de la verificación por parte de la autoridad sanitaria que se encarga del control sanitario de los bienes y servicios, además se aumenta la seguridad de la población al consumir productos que fueron elaborados con calidad sanitaria.

1.16.1. Definiciones utilizadas en el sistema (HACCP)

Las definiciones utilizadas en el sistema HACCP son las siguientes:

- Acción correctiva: procedimientos que se deben seguir cuando una desviación ocurre.
- Árbol de decisión para establecer puntos críticos de control: es una secuencia de preguntas que se deben de responder con el fin de comprobar si un punto de control es o no un PCC.
- Control: dirigir aceptablemente las condiciones en las que se debe de realizar una operación para mantener el cumplimiento del criterio determinado.
- Defecto crítico: una desviación de un PCC y que puede resultar en un riesgo.
- Desviación: falla al encontrarse un límite crítico.
- Equipo HACCP: es un grupo de personas nominadas como responsables de la ejecución del plan HACCP.

- Límite crítico: un criterio que debe de cumplirse en cada medida preventiva de un PCC.
- Ingrediente sensible: un ingrediente que se sabe que ha sido asociado con un riesgo.
- Medida preventiva: factor físico, químico y microbiológico, que puede ser utilizado para controlar un riesgo.
- Monitoreo: realizar una secuencia de observaciones o toma de datos para determinar si un PCC se encuentra bajo control y para tener un registro preciso para ser utilizado en la verificación.
- Monitoreo continuo: continua recolección de registros de datos.
- Plan HACCP: documento que se elabora en base a los principios de HACCP, describe los pasos a seguir para afirmar el control de un proceso específico.
- PCC: un punto, etapa o procedimiento en el cual un control puede ser aplicado para prevenir, eliminar o reducir un riesgo a la seguridad del producto.
- Punto de control: cualquier procedimiento o etapa en el cual se pueden controlar factores biológicos, físicos y químicos.
- Revalidación del plan HACCP: aspecto de verificación en el cual una revisión periódica documentada del plan HACCP es realizada por el

equipo HACCP con el propósito de hacer modificaciones al plan HACCP cuando sea necesario.

- Revisiones aleatorias: observaciones o mediciones que son llevadas a cabo para suplir las evaluaciones calendarizadas requeridas por el plan HACCP.
- Riesgo: propiedad del alimento que pueda convertirlo en inseguro para su consumo.
- Severidad: la gravedad de un riesgo.
- Sistema HACCP: es todo el proceso requerido para que se implemente un plan HACCP.
- Validación del plan HACCP: la revisión inicial hecha por el equipo HACCP para asegurar que todos los elementos del plan HACCP son correctos.
- Verificación: se realiza para determinar si el sistema HACCP cumple con lo especificado en el plan HACCP o si el plan necesita revalidación o modificaciones.

1.16.2. Propósitos y principios del sistema (HACCP)

El propósito del sistema HACCP es identificar riesgos específicos y medidas preventivas que permitan llevar un control estricto sobre los alimentos que se producen con el fin de garantizar al consumidor final la inocuidad de los mismos.

El HACCP es un acercamiento sistemático hacia la seguridad de los alimentos basándose en los siguientes siete principios:

- Principio 1: identificar y analizar riesgos.
- Principio 2: determinar cuáles son los puntos críticos de control.
- Principio 3: establecer límites críticos o especificaciones para cada PCC.
- Principio 4: definir procedimientos de monitoreo para cada punto PCC.
- Principio 5: establecer acciones correctivas que deben ser tomadas cuando el monitoreo indique la ocurrencia de una desviación en límite crítico establecido.
- Principio 6: establecer procedimientos de registro o toma de datos que documenten el sistema HACCP.
- Principio 7: establecer procedimientos de verificación para determinar que el sistema está trabajando correctamente.

1.16.3. Los 7 principios básicos del sistema (HACCP)

La aplicación de este sistema de control requiere de la participación de personal especializado en el proceso de producción de un alimento, así como de todo aquel que conoce el producto, su proceso y distribución.

El seguimiento que debe seguirse en el diseño e implementación del HACCP consiste en los 7 principios que se describen a continuación:

1.16.3.1. Principio 1: identificar y analizar riesgos

El término riesgo se refiere únicamente a aspectos de seguridad del alimento, no de la calidad sensorial del mismo.

En este principio se recomienda al productor, apoyándose en el flujograma correspondiente, la elaboración de un listado de las operaciones del proceso en donde se presenten riesgos significativos bien identificados. Deben analizarse todas las etapas del proceso para determinar todos los riesgos biológicos, químicos, físicos o químicos que puedan darse en cada una de ellas.

Los riesgos que se identifiquen deben ser específicos para que su eliminación o reducción a niveles aceptables, sea esencial para la producción de un alimento seguro. Para cada riesgo deberán definirse las medidas preventivas que evitarán su ocurrencia.

La aplicación de este principio, lleva a los siguientes objetivos:

- Identificar las materias primas y los ingredientes que pudieran contener sustancias tóxicas, microorganismos patógenos o un número elevado de microorganismos que causen deterioro en el alimento, además de las situaciones que permitan que los microbios o bacterias se multipliquen en la materia prima.
- Identificar en cada etapa de la producción del alimento las fuentes de contaminación.
- Determinar si los microbios o bacterias pueden sobrevivir o multiplicarse durante todo el proceso de producción y previo al consumo del alimento.

- Evaluar todos los riesgos y la gravedad de que sucedan.
- Definir medidas preventivas orientadas a evitar la ocurrencia de un riesgo.

Para identificar los riesgos en producción pueden tomarse en cuenta los siguientes análisis:

- Si el producto cuenta con ingredientes que sirvan para transportar riesgos microbiológicos.
- Si existir una posibilidad de que el producto sea contaminado antes de que sea envasado o empaquetado.
- Si hay o no una actividad en el proceso donde se elimine o disminuya el riesgo.
- Analizar los usos y la forma en que el cliente final consumirá el producto.

1.16.3.2. Principio 2: determinar los puntos críticos de control

Un PCC es cualquier punto, etapa u operación en el proceso en el cual se ejerce control previniendo, eliminando o reduciendo a niveles aceptables la ocurrencia de un riesgo de seguridad en el alimento.

La información obtenida por el análisis de riesgos, indicado en el principio uno, debe ser utilizada para determinar cuál o cuáles operaciones del proceso son PCC y cuáles no. Los PCC pueden ser localizados en cualquier operación del proceso donde exista la necesidad de controlar un riesgo o un peligro.

Existen procesos donde una sola operación, considerada como un PCC, puede ser utilizada para eliminar uno o más riesgos microbiológicos.

Los PCC no pueden ser aplicados a otros procesos diferentes ya que son únicos para el proceso establecido. Los PCC se establecen de dos formas:

- Punto crítico de control 1, es donde se realiza el control completamente de un riesgo y por lo tanto será eliminado el riesgo que exista, en esa etapa en particular.
- Punto crítico de control 2, es donde se desarrolla un control tipo parcial, por lo tanto, solo es posible reducir la gravedad del riesgo.

Es necesario tener el cuidado de identificar los PCC para su análisis, ya que los riesgos pueden identificarse en muchas operaciones en el proceso y sin embargo debe darse prioridad aquellas operaciones en las que si no existe un control pueden ser las causantes de mayores problemas y por ello la salud del consumidor puede ser afectada.

1.16.3.3. Principio 3: establecer límites críticos o especificaciones para cada punto crítico de control

Los límites críticos se definen como criterios que deben cumplirse para cada medida preventiva asociada a un PCC, los cuales pueden ser tiempo, temperatura, pH, humedad, dilución de cloro, concentración de conservadores, además de textura y aroma.

El límite crítico para controlar un riesgo potencial de salud puede ser distinto a un criterio asociado con los factores de calidad.

Las especificaciones pueden obtenerse de normas oficiales, literatura especializada, estudios y datos experimentales. Así mismo las especificaciones o límites críticos deberán estar correctamente fundamentadas para evitar la pérdida de control en las operaciones que afecten la seguridad del producto.

1.16.3.4. Principio 4: definir procedimientos de monitoreo para cada punto crítico de control

El monitoreo es un procedimiento realizado por medio de observaciones o mediciones que ayudan a establecer si un PCC está bajo control.

El monitoreo cumple tres propósitos importantes:

- Asegurar que en todas las operaciones del proceso los riesgos están controlados y que la seguridad de un alimento está garantizada. Cuando se efectúe monitoreo a los PCC y exista una desviación de los límites de control, entonces puede ejecutarse una operación que ponga la actividad nuevamente bajo.
- Identifica cuando es evidente una desviación en un PCC requiriendo entonces una acción correctiva.
- Proporciona documentación escrita que puede usarse en la etapa de verificación.

El monitoreo puede ser por medio de la observación, la medición y el registro de medidas establecidas para el control. Los procedimientos que se seleccionen para el monitoreo deben permitir que rápidamente se tomen medidas correctivas.

Muchos de los procedimientos del monitoreo para los PCC necesitan ser de fácil y rápida aplicación, ya que estos deben reflejar las condiciones del proceso. Los procedimientos deben ser eficaces y capaces de detectar cualquier desviación, brindando esta información a tiempo para que puedan tomarse las medidas correctivas.

El monitoreo debe incluir el uso de pruebas físicas, químicas y sensoriales si es necesario, así como de observaciones visuales, como, por ejemplo: temperatura, tiempo, pH, niveles de humedad, entre otros.

El monitoreo de la mayoría de estos parámetros puede hacerse de manera continua, registrando los valores correspondientes.

Resulta muy importante establecer con anticipación las acciones de monitoreo que se efectuarán en cada PCC, asignando quién y cómo se llevara a cabo y exigir que todos los registros y documentos asociados con el monitoreo sean responsabilidad de la persona que los realizó, de esto dependerán las medidas preventivas que puedan tomarse en el momento dado.

Todos los registros y documentos asociados con el monitoreo de los PCC deben estar realizados por la persona que fue asignada para tenerlos a su cargo.

1.16.3.5. Principio 5: establecer acciones correctivas que deben ser tomadas cuando el monitoreo indique la ocurrencia de una desviación en limite crítico establecido

Las acciones correctivas deben ser definidas de forma clara antes de ser ejecutadas y su responsabilidad debe asignarse a una sola persona.

Los planes que se determinen para realizar el monitoreo y las acciones correctivas deben ser apropiadas para:

- Determinar el destino de un producto determinado.
- Corregir la causa del rechazo para asegurar que el PCC está de nuevo dentro de los límites establecidos de control.
- Tener registro de las acciones correctivas realizadas cuando ocurrió una desviación del PCC.

Debido a la variedad en los PCC para los diversos procesos y por la diversidad de posibles desviaciones, las acciones correctivas específicas y los procedimientos correspondientes deben desarrollarse para cada PCC y documentarse en el plan general del HACCP.

Únicamente el personal que tiene un pleno conocimiento del producto, del proceso, del plan de análisis de riesgos y de los PCC es el indicado para tomar acciones correctivas. Estas acciones deben también registrarse en hojas de control desarrolladas para tal propósito.

Las especificaciones de los lotes que han sido sometidos a acciones correctivas para asegurar su calidad deben de ser escritas en el procedimiento del registro creado para el plan HACCP y necesita permanecer archivado por un tiempo convenientemente establecido después de la fecha de caducidad o de la vida media esperada del producto.

1.16.3.6. Principio 6: establecer procedimientos de registro o toma de datos que documenten el sistema (HACCP)

Es importante mantener cualquier registro que sea del proceso o producto que se esté elaborando, estos registros se utilizan para asegurar que un PCC se encuentra bajo control y que si cumple con las especificaciones establecidas para el mismo según lo establecido por el procedimiento en dicho punto.

El registro se hace aún más importante cuando las dependencias gubernamentales encargadas de la regulación sanitaria adoptan un método de control como el HACCP.

Es factible que posteriormente las verificaciones se enfoquen más en la revisión de los PCC detectados por este método y menos en las inspecciones del producto final.

El plan HACCP y sus registros deben estar en un archivo dentro de las instalaciones asignadas por la empresa, generalmente los registros utilizados en el sistema incluyen lo siguiente:

- Listado de personal que forma el equipo para la aplicación del sistema y la responsabilidad asignada a cada uno.

- Descripción del producto y su uso.
- Flujograma del proceso del alimento o producto, indicando los PCC.
- Registros asociados con cada PCC y medidas preventivas correspondientes.
- Especificaciones o límites críticos de cada PCC.
- Acciones de monitoreo.
- Planes de acciones correctivas para desviaciones de PCC.
- Procedimientos de registro de datos.
- Procedimientos de verificación del sistema.
- Todos los registros recopilados durante el funcionamiento del plan.

1.16.3.7. Principio 7: establecer procedimientos de verificación para determinar que el sistema está trabajando correctamente

La verificación debe realizarse por la persona específica que realiza la actividad, por el supervisor del área o por el administrador, para determinar que el plan HACCP, que se lleva a cabo, está cumpliendo con el plan diseñado.

Las verificaciones pueden incluir para su cumplimiento lo siguiente:

- Disponer de planes de verificación adecuados al proceso.
- Revisión de los registros de los análisis microbiológicos, químicos, y físicos que sean requeridos en los diferentes procesos o productos según sea la empresa que lo ejecute.
- Realizar análisis de las diferentes actividades por medio de muestreos aleatorios para determinar si cumplen con las especificaciones establecidas.
- Revisión de la ejecución del plan HACCP para corroborar que esté de acuerdo con el diseño original o si se requiere de alguna modificación.
- Revisión del desempeño de los procedimientos de monitoreo de los PCC.
- Revisión de las desviaciones ocurridas y los cursos de acción tomados.
- Inspección de las operaciones establecidas como PCC.
- Toma de muestras para análisis básicos, dejando siempre su correspondiente muestra testigo.
- Revisión de las desviaciones ocurridas para confirmar que los riesgos están debidamente controlados.
- Revisión de los archivos con registros escritos de las verificaciones que certifiquen el cumplimiento del plan.

- Validación del plan HACCP, incluyendo una revisión en el sitio donde se llevan a cabo las operaciones y la verificación de los flujogramas y de los PCC.
- Revisión de modificaciones al plan originalmente diseñado, para la aplicación del sistema HACCP.
- Las verificaciones deben realizarse siempre, ya sea por primera vez de implementación o cuando un plan ya está establecido con anterioridad.

Estas verificaciones deben ser realizadas de la siguiente forma:

- Regularmente y sin previo aviso para asegurar que se tiene en todo momento bajo control las operaciones designadas como PCC.
- Cuando se conoce nueva información que pueda alterar la inocuidad del alimento.
- Cuando en la producción de alimentos se detectan brotes de enfermedades en el personal y en la población que lo consume.
- Para revisar que los cambios han sido implementados correctamente, después de que se modifica el plan del sistema HACCP.

Los reportes de las verificaciones del sistema HACCP deben incluir lo siguiente:

- Existencia del plan HACCP y del equipo que lo conforma, de las personas responsables para administrar y adaptar el plan.

- El estado de los registros relacionados con el monitoreo de los PCC.
- El monitoreo directo de las especificaciones establecidas en las operaciones designadas como PCC, durante el procesamiento del alimento o producto.
- La seguridad de que el equipo que se utiliza en el monitoreo, esta calibrado y funciona adecuadamente.
- Las desviaciones encontradas y las acciones correctivas tomadas.
- El registro de cualquier muestra analizada para verificar un PCC determinado.
- Las modificaciones realizadas al plan.
- Los reportes de capacitación y entrenamiento de las personas involucradas para el monitoreo de los PCC.

1.17. Regulaciones generales del sistema

Es importante indicar las regulaciones requeridas por las dos organizaciones con las que más tiene contacto el producto guatemalteco cuando ingresa a los Estados Unidos: Administración de Alimentos y Medicamentos de Estados Unidos (FDA) y el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA).

La importancia de mencionar que las regulaciones, respecto al sistema HACCP, se encuentran en desarrollo y las ya existentes pueden tener cambios

futuros, sin embargo, es importante conocer algunos de los aspectos requeridos por las dos agencias antes mencionadas, quienes se encargan del control de los alimentos que son comercializados en los Estados Unidos.

1.17.1. Regulaciones de la Administración de Medicamentos y Alimentos (FDA) para los sistemas HACCP

El FDA ha utilizado los siete principios establecidos para el diseño e implementación de un sistema HACCP como base para establecer sus regulaciones. Cada uno de estos principios y las regulaciones aplicadas a cada uno de ellos, se describen a continuación.

1.17.1.1. Principio 1

El FDA pide para un análisis de riesgos que se determine la frecuencia y severidad con que pueden ocurrir riesgos de carácter microbiológico, químico y físico asociados con la producción de un producto.

Para que un programa HACCP, sea considerado por FDA como bien desarrollado, el productor necesita examinar los ingredientes, la distribución del proceso y el uso que se pretende del producto.

El FDA expresa que el tener un análisis escrito puede resultar muy útil para resolver cualquier diferencia de criterio entre el productor y la agencia cuando se está inspeccionando y estudiando si el plan HACCP que se está utilizando en la empresa o empaedora es el necesario, o si la identificación de los PCC y los límites críticos establecidos son los apropiados.

Las regulaciones de FDA expresan que, si un productor determina que no hay riesgos en el proceso que puedan ser controlados, un sistema HACCP, no será requerido. Una empresa autorizada en Guatemala por el Programa Integral de Protección Agrícola y Ambiental (PIPAA) deberá realizar una conclusión escrita para la total aprobación y satisfacción de FDA.

1.17.1.2. Principio 2

Para identificar los PCC el FDA expresa en el preámbulo de sus regulaciones que el productor, para poder determinar los controles que efectuará, debe basarse en datos científicos para determinar hasta qué grado puede ser reducido el riesgo, claro, basándose en la naturaleza del riesgo.

Para determinar los PCC, las regulaciones claramente dictan que el productor debe tomar en cuenta, los riesgos que pueden ser introducidos al producto tanto dentro como fuera de la planta.

Para identificar los PCC, las regulaciones no expresan cual es el método a utilizar, sin embargo, se recomienda el uso del árbol de decisión.

1.17.1.3. Principio 3

Para establecer límites críticos, después de la determinación de los PCC, las regulaciones de FDA, llaman al establecimiento de límites críticos, que no es más que el mínimo o máximo nivel en el cual un riesgo físico, químico o biológico debe ser controlado para prevenir la seguridad de un alimento.

Los límites críticos pueden ser establecidos tomando en cuenta acciones existentes tomadas por FDA, límites ya establecidos, niveles de tolerancia, o basándose en conocimientos científicos referentes a la seguridad del alimento.

1.17.1.4. Principio 4

Posteriormente del establecimiento de los límites críticos de control, todo programa HACCP debe contar con una descripción de los procedimientos utilizados para controlar y monitorear los PCC. Así como la frecuencia de dichos monitoreos.

Programas de muestreo de materia prima, programas de calibración de equipo, programas de sanitización y la designación de personal encargado y responsable de la supervisión de que estos programas sean cumplidos, son algunos ejemplos de los procedimientos de control y monitoreo requeridos.

1.17.1.5. Principio 5

Este principio obliga a la compañía a establecer, antes que el problema ocurra, las acciones que tomará si el proceso falla al tratar de cumplir con un límite crítico, esto es comúnmente conocido como desviación.

Según FDA, una empresa puede incluir en su plan HACCP acciones correctivas específicas, las desviaciones de límites críticos requieren acciones inmediatas.

La evaluación constante del plan HACCP es muy importante, para verificar que se cuenta con acciones correctivas para todas las desviaciones posibles que se puedan dar durante el proceso. Esta evaluación, debe ser conducida por

individuos capacitados en el sistema HACCP. Además, si las desviaciones ocurren, alguna entidad reconocida debe examinar si el plan HACCP utilizado es el adecuado.

Se establece, además, que todas las acciones llevadas a cabo, como resultado de las desviaciones, incluyendo acciones correctivas y reevaluaciones del plan HACCP, deben ser documentadas. Estos documentos deben ser archivados y tenerlos a la vista durante las inspecciones de la entidad responsable.

1.17.1.6. Principio 6

HACCP es un sistema generado de registros y posiblemente los aspectos más controvertidos de las regulaciones de FDA.

Los registros deben ser conservados dentro de la empresa por un período de un año para productos refrigerados y dos años para productos congelados o preservados.

Registros relacionados con el acoplamiento de equipo en general o de procesos utilizados por el productor, incluyendo resultados de estudios y evaluaciones científicas, deben ser conservados dentro de la empresa, al menos 2 años después de que su aplicación al producto se produjo.

Además del requerimiento respecto a la generación y mantenimiento de los registros, FDA ha indicado y mandado que todos los registros que sean requeridos, deben estar disponibles para revisión y copia por parte de las entidades autorizadas por FDA.

La FDA ha estipulado que toda la información referente a los planes HACCP y a los registros, será tratada confidencialmente.

1.17.1.7. Principio 7

El último paso para el desarrollo de un plan HACCP, es el establecimiento de procedimientos de verificación. Estos procedimientos deben de cumplir con las dos funciones descritas a continuación:

- Asegurar que un sistema HACCP está trabajando tal como fue diseñado.
- Proveer un mecanismo, para revisar y actualizar periódicamente el plan, como sea necesario, tratando de visualizar nuevos procedimientos o nuevos riesgos.

En sus regulaciones el FDA identifica que una reevaluación puede ser necesaria si hubiera cambios en: la materia prima o las fuentes de donde proviene la materia prima, formulación del producto, métodos o sistemas de producción, sistemas de distribución de producto terminado, el uso pretendido del producto o la clase de consumidores del producto.

De cualquier forma, la reevaluación de un plan HACCP debe realizarse, como mínimo cada año.

Esta reevaluación debe ser llevada a cabo por una persona perteneciente a una entidad reconocida por FDA, que en Guatemala es PIPAA, y que además esté debidamente entrenada en los principios HACCP conforme a las regulaciones de FDA. Este individuo debe velar porque se lleven a cabo las

actividades de verificación, incluyendo revisión de los documentos de monitoreo de los PCC.

Debe también revisar las quejas de los consumidores para determinar si una queja está relacionada con un PCC o un punto de control no identificado previamente y supervisar la calibración de los instrumentos de medición utilizados para el monitoreo del proceso y chequeos opcionales del producto terminado.

Los registros de monitoreos y de acciones correctivas de los PCC deben ser revisados una semana después de generarse dicho registro. Registros de calibraciones y de chequeos de producto terminado, deben ser revisados dentro de un tiempo razonable.

1.17.2. Regulaciones del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) para los sistemas HACCP

El Departamento de Agricultura de los Estados Unidos al igual que la FDA ha adoptado los siete principios, utilizados para desarrollar un sistema HACCP, para exponer sus regulaciones. El USDA ha tratado de exponer sus regulaciones de tal forma que éstas tenga relación con las expuestas por la FDA, para evitarle problemas a los productores.

La USDA describe los siete principios que se deben desarrollar según los principios del sistema HACCP de la forma siguiente:

1.17.2.1. Principio 1

Se deben identificar todos los riesgos considerados, como muy probables de ocurrir o comunes y que puedan afectar la seguridad del alimento. Las USDA indican que un riesgo es muy probable o común de ocurrir, si se tienen pruebas establecidas, que el riesgo históricamente ha ocurrido o si se considera muy probable que el riesgo ocurra a menos que sea controlado.

Se establece además que debe tomarse en cuenta que todos los riesgos puedan ser introducidos, tanto dentro como fuera de las instalaciones o riesgos que puedan ocurrir antes, durante y después de su ingreso a la fábrica y que por tanto puedan afectar la seguridad del alimento.

La USDA describe que “un peligro enumerado debe ser de tal naturaleza que su prevención, eliminación o reducción a aceptable niveles es esencial para la producción de un alimento seguro”⁶, para lo cual se identifican nueve riesgos que afectan la seguridad de un alimento y que por tanto deben ser considerados en todo análisis HACCP:

- Tóxicos naturales.
- Contaminación microbiológica.
- Contaminación química.
- Pesticidas.

⁶ Department of Agriculture. *Food Safety and Inspection Service*. https://www.fsis.usda.gov/sites/default/files/media_file/2020-08/93-016F_0.pdf. Consulta: 18 de abril de 2020.

- Descomposición.
- Parásitos.
- Usos prohibidos de alimentos.
- Usos prohibidos de colorantes.
- Riesgos físicos.

Además, USDA solicita que a la vez que se identifican los riesgos, se determinen medidas preventivas o de control para cada riesgo identificado. Para poder adecuar de una mejor forma cada riesgo con su respectiva medida de control USDA recomienda el uso de diagramas de flujo para cada producto u operación que se realice.

1.17.2.2. Principio 2

Identificar PCC en donde los riesgos del proceso pueden ser controlados. Según la USDA una empresa debe saber distinguir entre un PCC, el cual debe ser controlado por un programa HACCP, para “controlar peligros microbianos en todo el proceso de producción es particularmente importante porque estos peligros son los causa principal de enfermedades transmitidas por los alimentos”.⁷

⁷ Department of Agriculture. *Food Safety and Inspection Service*.
https://www.fsis.usda.gov/sites/default/files/media_file/2020-08/93-016F_0.pdf. Consulta: 18 de abril de 2020.

Generalmente existe una tendencia hacia asignar muchos puntos de control como críticos, sin embargo, un buen programa HACCP debe tener un número limitado de PCC.

La USDA recomienda el uso del árbol de decisiones para determinar cuáles si y cuáles no son PCC.

Es significativo tomar en cuenta que las regulaciones de USDA requieren que todo plan HACCP incluya PCC para todos los riesgos identificados en el análisis de riesgos, incluyendo aquellos riesgos que pueden ser introducidos al alimento fuera de la planta de producción.

1.17.2.3. Principio 3

La USDA define los límites de control como el máximo o mínimo valor al cual un riesgo físico, químico o biológico debe ser controlado en un PCC, para prevenir, eliminar o reducir el peligro a un nivel aceptable. “Los límites críticos son más a menudo basado en parámetros de proceso como temperatura, tiempo, dimensiones físicas, humedad, nivel de humedad, actividad del agua, pH, acidez titulable, concentración de sal, cloro disponible, viscosidad, conservantes o supervivencia del objetivo patógenos”.⁸

Además del establecimiento de estos límites de seguridad para cada PCC la empresa deberá también, identificar los métodos para medir o evaluar el cumplimiento de los límites críticos.

⁸ Department of Agriculture. *Food Safety and Inspection Service*. https://www.fsis.usda.gov/sites/default/files/media_file/2020-08/93-016F_0.pdf. Consulta: 18 de abril de 2020.

La USDA requiere que se apliquen límites críticos establecidos por regulaciones existentes, incluyendo metas aplicables o estándares de desempeño, cuando sean apropiados.

Por último, la USDA recomienda que los límites críticos sean más estrictos que los requeridos para contar siempre con cierto margen de seguridad.

1.17.2.4. Principio 4

Para el monitoreo de los PCC, la USDA solicita el desarrollo de un sistema que garantice el cumplimiento continuo de los límites críticos con una periodicidad constante.

Si de todas formas el llevar un monitoreo continuo no es factible, el monitoreo debe hacerse lo más frecuente posible, para demostrar que se está llevando un control de riesgos objetivo. En este paso, se debe considerar que. “El personal asignado a las actividades de seguimiento deben estar debidamente capacitado para registrar todos los resultados, incluidas las desviaciones, de modo que correctivo inmediato se pueden tomar acciones”.⁹

Al diseñar e inspeccionar un sistema de monitoreos, la empresa debe asegurarse que el sistema no solamente detecta las desviaciones de los límites críticos, sino también que es capaz de detectar cualquier patrón de desviaciones que pueda indicar la necesidad de reevaluar el plan HACCP utilizado.

⁹ Department of Agriculture. *Food Safety and Inspection Service*. https://www.fsis.usda.gov/sites/default/files/media_file/2020-08/93-016F_0.pdf. Consulta: 18 de abril de 2020.

1.17.2.5. Principio 5

Es importante el poder determinar las acciones correctivas apropiadas a realizarse en caso de que un límite crítico es excedido.

La USDA manda que el plan de acciones correctiva debe ser incluido en el plan HACCP, con el fin de anticiparse a los problemas teniendo establecido el procedimiento a seguir cuando una desviación ocurra. Los planes de acción correctiva deben estar en el lugar para determinar la disposición de los potencialmente inseguros o producto no conforme y para identificar y corregir la causa de la desviación”.¹⁰

Bajo las regulaciones de la USDA, los planes de la acción correctiva deben identificar cuáles son los pasos que se llevaran a cabo y quien es el responsable de realizar dichas acciones con el fin de asegurar lo siguiente:

- La causa de una desviación sea identificada y eliminada.
- El PCC estará bajo control.
- Las medidas serán aplicadas para evitar la reincidencia.
- Ningún producto adulterado ingrese en el mercado.

Sin embargo, puede haber desviaciones no cubiertas por un plan de acciones correctivas. En estos casos la USDA requiere que la empresa se comprometa a lo siguiente:

¹⁰ Department of Agriculture. *Food Safety and Inspection Service*. https://www.fsis.usda.gov/sites/default/files/media_file/2020-08/93-016F_0.pdf. Consulta: 18 de abril de 2020.

- Separar y retener en su poder el producto afectado.
- Inspeccionar la aceptación del producto para su distribución.
- Tomar todas las medidas necesarias para asegurar que ningún producto adulterado sea distribuido.
- Contar con un individuo capacitado en HACCP para determinar cuándo un plan de acción correctivo deber ser utilizado para una desviación o cuando el mismo plan HACCP necesite ser modificado, por ejemplo, agregar un PCC o establecer un nuevo limite crítico.

En cualquier caso, la empresa deberá documentar todas las acciones correctivas tomadas.

1.17.2.6. Principio 6

La USDA requiere mantener un sistema de registro de archivos preciso y que los siguientes registros sean conservados:

- El análisis de riesgos escrito y documentación de apoyo.
- El plan HACCP escrito, incluyendo los documentos que soporten el proceso de decisión y selección de los PCC y los limites críticos, así como la selección de los procedimientos de monitoreo, verificación y la frecuencia de realización de los mismos.
- Registros relacionados con los monitoreos de los PCC y limites críticos incluyendo datos y observaciones actualizadas: calibración de

instrumentos utilizados para el monitoreo del proceso; acciones correctivas, incluyendo todas las acciones tomadas como respuesta a una desviación; procedimientos y resultados de las verificaciones; registros referentes a lotes de producción y códigos utilizados.

Esta regulación, también especifica que los registros del HACCP, deben crearse en el momento en que cierto evento ocurre. Al ingresarse un registro, éste debe incluir la fecha y hora en que fue realizado y debe ser firmado o colocadas las iniciales del empleado que realiza el ingreso.

Antes del envío o distribución del producto, los registros más relevantes relacionados con el mismo, deben ser inspeccionados, firmados y fechados por un empleado de la planta que no sea quien realizó los registros, de preferencia el empleado capacitado en HACCP.

Bajo las reglas de la USDA, es aceptable el mantener los registros en una base de datos, dentro de una computadora. Todos los registros de HACCP requeridos, deben estar disponibles al personal de USDA cuando estos sean solicitados.

El tiempo de conservación de todos los registros, es limitado. Todos los registros que tengan más de seis meses de haberse realizado deben ser conservados fuera de la empresa, siempre y cuando ellos puedan ser presentados cuando sean solicitados, dentro de las siguientes 24 horas después de realizada dicha solicitud.

Finalmente, las regulaciones de la USDA, exigen que los registros deben estar a su entera disposición ya sea para inspecciones oficiales y copias de los

mismos. Ante lo anterior la USDA garantiza la protección y el trato confidencial de la información de la propiedad privada.

El USDA ha expresado su posición en cuanto a que el archivo de registros, es un componente crítico dentro de las regulaciones de HACCP. Este departamento ha establecido que el registro de archivos es un aspecto importante con implicaciones potencialmente graves si dichos registros no están apropiadamente archivados o conservados o si son falsificados.

1.17.2.7. Principio 7

El USDA regula la utilización de cuatro procesos de verificación, de los cuales la empresa a es responsable de los primeros tres procesos y USDA del cuarto, los cuales son:

- Primer proceso: la validación inicial de un plan HACCP. Una vez, el plan ha sido desarrollado, la empresa debe demostrar la concordancia de sus PCC con sus correspondientes límites críticos, sus procedimientos de monitoreo y archivo de registros y sus planes de acción correctiva. La validación incluye la revisión de los registros que están siendo generados por el sistema.
- Segundo proceso: proceso de verificación. Son las actividades de verificación que se están realizando. Estas actividades han sido diseñadas para asegurar que el sistema está siendo implementado tal y como fue diseñado. Esto incluye, calibraciones del equipo de monitoreo del proceso, observaciones directas efectuadas durante las actividades de monitoreo y las acciones correctivas e inspección de registros.

- Tercer proceso: proceso de la reevaluación del plan HACCP documentada. Esto requiere de la intervención de un individuo capacitado en HACCP para inspeccionar el plan elaborado de HACCP y determinar su continuidad adecuada, incluyendo la información de cuando se necesiten cambios, en relación al desarrollo de nuevos productos o procesos. Aunque no hubiera cambios, el acoplamiento del plan, debe ser evaluado por el individuo capacitado en HACCP o de forma anual. Esta revisión anual es requerida aun cuando la empresa haya previamente determinado que, en su proceso, no existen riesgos y que no requieren de un plan HACCP. Adicionalmente a las actividades de verificación realizadas por la empresa la USDA realizara sus propias actividades de verificación.
- Cuarto proceso: actividades realizadas por la USDA. Entre las actividades que USDA regula que realizará, se encuentran: inspección de planes HACCP, registros de los PCC y limites críticos y determinación de la correcta o incorrecta forma de aplicar acciones correctivas, haciendo observaciones directas o midiendo un PCC extrayendo muestras. La frecuencia de las actividades de verificación de la USDA variara dependiendo del historial de una empresa y de los riesgos expuestos por una operación en particular.

2. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACION ACTUAL

Para conocer la situación actual de CDDT, es importante definir lo que son las plántulas.

Se le llama plántula a la planta desde que germina de su semilla hasta que desarrolla las primeras hojas.

La producción de plántulas de hortalizas es una actividad realizada comúnmente. En la mayoría de los campos agrícolas producen su propia plántula, aunque existen invernaderos privados que se dedican a su producción y venta. Entre las razones para producir sus propias plántulas se pueden mencionar las siguientes:

- El costo de la semilla.
- Control sobre sus materiales.
- Sanidad de las plántulas.
- Desarrollo de raíces.
- Tamaño de las plántulas.

La calidad de las plántulas al realizar la recolección para el trasplante debe cumplir con las siguientes características:

- Un sistema radicular abundante.
- Tallos gruesos.
- Altura de 10 cm y que estén libres de enfermedades patógenas.

El personal que labora en el área de producción de plántulas está conformado por:

- Encargado del CDDT.
- Encargado de producción.
- Planificador del CDDT.
- Técnicos de campo.

2.1. Descripción de las instalaciones en la producción de las plántulas

Para la producción de plántulas se cuentan con las siguientes subáreas instaladas:

- Subárea de lavado, secado y siembra en bandejas.
- Subárea de invernaderos.
- Subárea de bodega.

2.1.1. Subárea de lavado, secado y siembra en bandejas

En esta subárea se realizan las actividades de lavado, secado y almacenaje de bandeja y siembra de semilla, la cual se puede observar en la figura 3.

Figura 3. Subárea de lavado, secado y siembra en bandejas



Fuente: elaboración propia, empleando Office 365.

- Tiene una construcción de parales de madera con techo de lámina, su tamaño es de 3 m de ancho por 7,5 m de largo por 3,6 m de alto, esta forrada de malla antiáfidos.
- El piso es de cemento y en las orillas tiene piedrín.
- Su interior está conformado por: pila, pileta mesa de siembra, pizarra y un andamio para el almacenaje de bandejas limpias.

2.1.2. Subárea de Invernaderos

A continuación, se describen las características de los invernaderos:

- La subárea de invernaderos, figura 4, está conformada por dos unidades que tienen una orientación de sur a norte los cuales fueron construidos en el año 2017.
- En la actualidad los invernaderos tienen un mantenimiento anual ya que por el tipo de su cubierta y lugar donde se encuentran establecidos se llenan de polvo y para su limpieza es necesario el uso de agua y jabón.

Figura 4. **Subárea de invernaderos**

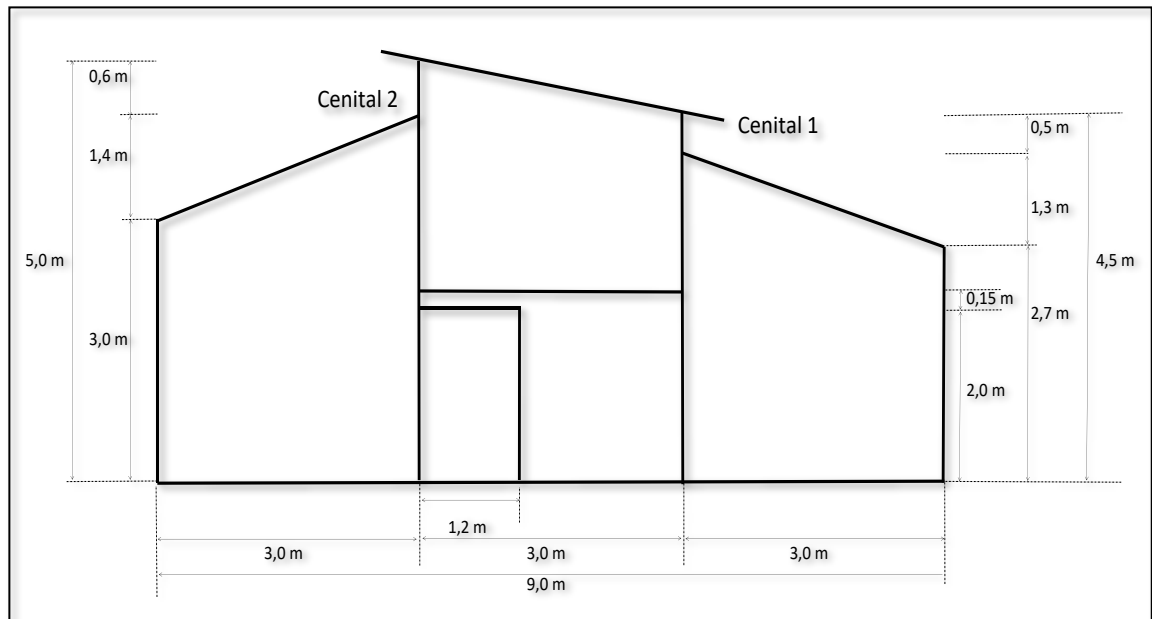


Fuente: elaboración propia, empleando Office 365.

- No tiene un muro perimetral ya que la malla antiáfidos, con la que están cubiertos los invernaderos, llega hasta el suelo, para que esta malla este tensada la entierran a una profundidad de 20 cm.
- Poseen una estructura rígida que está compuesta de parales, vigas y travesaños de madera, por lo que su vida útil es corta, aproximadamente de 6 años.
- Las dimensiones de construcción son: longitud: 21,0 m, ancho: 9,0 m, altura central derecho 4,5 m, altura cenital 1 derecho 0,5 m, altura lateral

derecho 2,7 m, altura central izquierda 5,0 m, altura cenital 2 izquierdo 0,6 m, altura lateral izquierdo 3,0 m, como se muestra en la figura 5.

Figura 5. **Vista frontal del invernadero**



Fuente: elaboración propia, empleando Office 365.

- Cada invernadero tiene un área llamada doble puerta utilizada para el ingreso de personas, sus dimensiones son de 3,0 m de largo por 3,0 m de ancho y 2,15 m de altura, al cual no se le da el uso respectivo ya que le faltan todos los accesorios necesarios para su cumplimiento fitosanitario.
- El techo es de nylon de 150 micrones sin protección UV, debido a su estructura rígida no cuentan con tensores o tirantes que proporcionarían mayor rigidez y seguridad, por el tipo de construcción es de dos aguas con dos ventilas de forma cenital.

- El sistema de ventilación y aireación es natural a través de los cenitales, por lo que no se cuenta con ventilas o ventanas de aire.
- El área de los cenitales tiene que ser por lo menos un 10 % de la superficie total del invernadero. Para conocer el porcentaje con el que cuentan los invernaderos se calcula de la siguiente manera:

Superficie del invernadero = Largo x ancho

$$21,0 \text{ m} * 9,0 \text{ m} = 189 \text{ m}^2$$

Área de los cenitales = es la suma de cada una de las áreas

$$\text{Cenital 1} = 21,0 \text{ m} * 0,5 \text{ m} = 10,5 \text{ m}^2$$

$$\text{Cenital 2} = 21,0 \text{ m} * 0,6 \text{ m} = 12,6 \text{ m}^2$$

$$\text{Área de los cenitales} = 10,5 \text{ m}^2 + 12,6 \text{ m}^2 = 23,1 \text{ m}^2$$

$$\text{Porcentaje del área de los cenitales} = 23,1 \text{ m}^2 / 189 \text{ m}^2 = 0,122$$

$$\text{Área de los cenitales} = 12,2 \%$$

- No tienen canaletas de desagüe, el agua de lluvia, riego y lavado se empoza dentro del invernadero, ya que el agua de lluvia escurre por la cubierta hay que aumentar en invierno la periodicidad de mantenimiento dentro de los invernaderos debido a que se genera más proliferación de maleza.
- El piso está conformado por pedrín suelto con un mantenimiento semanal para que no crezca la maleza.
- El sistema de riego es microaspersión con un mantenimiento de cada 15 días.
- El sistema de iluminación que tiene el invernadero es 100 % natural.

- No cuentan con medición de temperatura y humedad ya que no tienen los instrumentos necesarios ni cuentan con tecnología dentro del invernadero, lo cual no permite que sean más productivos en la producción de las plántulas. Entre los instrumentos antes descritos se pueden mencionar, por ejemplo, termohigrómetro, dispensador de semilla y otros.
- La temperatura media anual de Villa Nueva es de 19,5 °C y posee un clima tropical, su precipitación media es de 1 208 mm, por lo cual los invernaderos no necesitan sistemas de calentamiento y enfriamiento.
- Para el manejo y limpieza de los pasillos y camas se utiliza una pistola regadera. Las camas de cada invernadero son cuatro y están separadas por tres pasillos longitudinales de 0,5 m de ancho por 15,5 m de largo y una transversal de 9,0 m de ancho por 2,5 m de largo, el porcentaje adecuado de pasillos es de un 15 al 50 % en relación a la superficie y el que tiene es aceptable debido que es de un 24,2 % y se encuentra en el rango requerido.

2.1.3. Subárea de bodega

La bodega se encuentra al aire libre tal como se ve observa en la figura 6.

Figura 6. **Bodega**



Fuente: elaboración propia, empleando Office 365.

Por las condiciones en las que se encuentran los insumos, herramientas y las cajas de transportación de plántulas se requiere es necesario que el CDDT tenga un lugar más apropiado para el resguardo de los mismos ya que por concepto de espacio la bodega se hizo insuficiente y utilizan parte del área de capacitación para el resguardo de los mismos.

Para mejorar el funcionamiento del área de producción de plántulas se necesita implementar las siguientes subáreas:

- Subárea de cámara de germinación.
- Subárea de cosecha de plántulas.

2.1.4. Subárea de cámara de germinación

En el CDDT actualmente no cuentan con un registro físico que proporcione información precisa de la evolución de la germinación de las plántulas este es realizado en forma empírica teniendo un rango de 12 a 20 días de germinación, según el tipo de semilla.

Al implementar la cámara de germinación será más corta la cantidad de días en que estén listas las plántulas, se conocerá con más precisión los tiempos de germinación y el porcentaje de pérdida de las semillas disminuirá.

En la siguiente tabla I, se muestran unos ejemplos de los tiempos estimados en la cámara de germinación según el tipo de semilla.

Tabla I. **Días estimados en germinador de diferentes cultivos**

1 día	2 días	3 días	4 días
sandía	brócoli coliflor lechuga repollo tomate	berenjena chile	apio

Fuente: LARDIZABAL Ricardo. *Manual de producción de plántulas en bandejas*. p. 10.

2.1.5. Subárea de cosecha y despacho de Plántulas

La actividad de cosecha de las plántulas se realiza en el área de abono orgánico o en el área de capacitación. Al implementar un área específica para esta actividad se mejoraría, en tiempo y en distancia, el proceso de despacho ya que el lugar donde lo realizan está a 24 m de distancia.

2.2. Equipo de trabajo utilizado en el proceso de producción de plántulas

Para la ejecución de un buen trabajo en los invernaderos del CDDT es importante contar con el equipo necesario y apropiado para la realización de las actividades laborales, pero en la actualidad solo se cuenta con el mínimo. El equipo que hace falta implementar hace que no exista control interno en el desarrollo de las plántulas, y con esto tienen como resultado una baja productividad, este equipo o herramientas es el siguiente:

- Termohigrómetro.
- Balanza digital.

- Dispensador de semilla.
- Hojas de registro para llevar el control interno de la producción de plántulas.

2.2.1. Termohigrómetro

Un termohigrómetro es un instrumento que se utiliza para medir la temperatura y humedad relativa interna del invernadero, además permitirá regular el ambiente interno, como, por ejemplo: agregar la cantidad de agua conveniente debido a las condiciones ambientales. Puede ser un instrumento de tipo digital o analógico.

La humedad atmosférica o humedad del aire es la cantidad de vapor de agua presente en el aire. Cuando el termohigrómetro marca el 100 % de humedad se dice que el aire está saturado, es decir, contiene el máximo de humedad que puede tener a la temperatura actual.

2.2.2. Balanza digital

En un instrumento de peso que está diseñado para medir masas pequeñas.

En la actualidad no se cuenta con una balanza digital que este en buen estado y sirva como herramienta de apoyo al planificador del invernadero lo cual hace que el trabajo sea menos productivo.

2.2.3. Dispensador de semilla

Esta es una herramienta que sería de mucha ayuda para las personas que se dedican a la siembra de la semilla en las bandejas, ya que actualmente se realiza de forma manual colocando una por una y al implementar esta herramienta se reduciría el tiempo utilizado para esta actividad.

2.2.4. Registros de uso interno en el proceso de producción de plántulas

En el CDDT no llevan un registro de las actividades laborales y de producción que les permita llevar el control y la trazabilidad de cada uno de los productos que se siembran en el invernadero.

Los únicos controles con los que cuentan es la solicitud de plántulas de los profesionales o técnicos de la DAPCA, la salida de almacén del CDDT y el cuadro de germinación.

2.3. Característica de la bandeja para la producción de plántulas

El tipo de bandeja para la producción de plántulas es de PVC de forma rectangular y de larga vida, debido a que es la más práctica y eficaz para la desinfección, obteniendo una germinación limpia e inocua para los diferentes tipos de semilla que manipulan en ella, tienen una capacidad para 200 plántulas, con una altura de 4 cm, son de tipo cónico con un diámetro de 2,5 cm y con una medida de bandeja de 55 cm de largo por 36,8 cm de ancho.

2.4. Desinfección de bandejas para la producción de plántulas

Para realizar el proceso de limpieza primero se sacude la bandeja para botar los restos de *Peat Moss*, luego se sumergen 12 bandejas por 10 minutos en una pila con 156 litros de agua y 1 litro de cloro para desinfectarlas.

Después se sacan y se lavan a presión en una pileta 0,45 m³ con una pistola tipo regadera.

Seguido de este procedimiento se ponen a escurrir y a secar, luego ya estando secas se guardan en bolsas negras en espera para ser utilizadas para la siembra.

Las personas que lava las bandejas deben de utilizar su equipo de protección personal (EPP), que consta de lo siguiente:

- Gabacha de manga larga.
- Gorro (cofia).
- Guantes de hule (media manga).
- Mascarilla.
- Botas de hule.

Pero no todos los técnicos de campo tienen la disponibilidad del EPP lo cual puede observarse en la figura 7.

Figura 7. Lavado de bandejas en el CDDT



Fuente: elaboración propia, empleando Office 365.

2.5. Características principales de los sustratos para la producción de plántulas

Para producir el sustrato de germinación en el CDDT se utiliza una bolsa de 36,28 Kg de *Peat Moss*, 3,78 litros de agua y 0,94 litros de humus de lombriz roja y se le mezcla hasta obtener una consistencia de humedad, la cual rinde para 60 bandejas. Al sustrato de germinación no se le agrega químico para acelerar la germinación de las plántulas.

El *Peat Moss* es un sustrato de masa esponjosa y ligera que dependiendo de sus componentes puede ser amarillo, café o negro lo que define sus propiedades físicas o químicas y es utilizado para el intercambio de nutrientes del género de *Sphagnum*, este tipo de sustrato está compuesto de material orgánico compacto con capacidad de retener el agua hasta 20 veces su peso seco.

Asimismo, otra de sus características es que tiene buena retención de humedad en un 70 %, con un 20 % de aireación y un alto contenido de materia orgánica, por lo cual se recomienda principalmente para germinación y desarrollo de melón, sandía y plántulas.

El humus de lombriz roja es de tipo líquido y es producido en el CDDT, el cual cosechan durante la semana de siembra, es recolectado en un tonel plástico que se mantiene tapado ya que provoca criadero de zancudos y no genera mal olor.

2.5.1. Manejo del agua

El agua debe ser tratada para eliminar bacterias, hongos y materiales sólidos en suspensión, se utiliza para humedecer la tierra para la siembra. Después de la siembra debe aplicarse un riego con abundante agua. Las bandejas de 200 cavidades pueden retener hasta 6,61 litros de agua. La mejor forma de conocer la cantidad de agua es pesando las bandejas por la mañana antes y después del riego para saber el peso que han ganado.

Cuando las bandejas se extienden en las camas del invernadero deben regarse periódicamente para reponer el agua perdida durante el periodo de germinación y crecimiento. Cuando ocurra un brote de germinación hay que realizar riegos tomando en cuenta el déficit utilizado para la aireación y para mantener un 70 % de humedad en las bandejas.

2.5.2. Tipos de riego

Los diferentes tipos de riego que existen son los siguientes:

- Riego por goteo.
- Riego automático.
- Riego por hidropónico.
- Riego por aspersión.
- Riego manual.
- Fertiirrigación.
- Riego por nebulización y sistemas recirculados.
- Por microaspersión.

El sistema de riego utilizado en el CDDT es por microaspersión y es un tipo de riego ideal cuando se necesita una baja presión de agua.

“El sistema de riego por microaspersión es un sistema de riego presurizado originario de Israel, país pionero de todo tipo de riegos, sobre todo del riego por goteo. Este tipo de riego suministra agua como si fuese lluvia en forma de círculos, nebulización o en chorro vaporizado”.¹¹

¹¹ LEROY, M. *¿Cómo funciona el riego por microaspersión?*.
<https://comunidad.leroymerlin.es/t5/Bricopedia-Jardiner%C3%ADa/C%C3%B3mo-funciona-el-riego-por-microaspersi%C3%B3n/ta-p/102029>. Consulta: 21 de abril de 2020.

2.5.3. Fertilización

Generalmente se aplica la fertilización cuando inicia la aparición de las primeras hojas verdaderas. En el CDDT la fertilización es con el humus de lombriz ya que este tipo de abono orgánico es obtenido por medio de un proceso de descomposición de hongos y bacterias que aporta nitrógeno, fósforo, potasio y magnesio al *Peat Moss* y las plantas.

2.5.4. Uso de agroquímicos

Los agroquímicos son sustancias que tiene como propósito el combatir, controlar o prevenir cualquier plaga, incluyendo los transmisores de enfermedades humanas, además son utilizados en el campo para proteger a los cultivos de malezas, plagas y enfermedades.

Los agroquímicos son una especialización de la química que consiste en el uso de sustancias orgánicas en el marco de una industria y en la aplicación de productos químicos como fertilizantes y plaguicidas, en las actividades agrícolas, existen plaguicidas gaseosos, sólidos y líquidos, algunos de los agroquímicos más utilizados son: fungicidas, fertilizantes, herbicidas, insecticidas y fitoreguladores.

“Las principales funciones de los agroquímicos es proporcionar nutrientes químicamente, matar insectos y microorganismos, eliminar todo tipo de malezas, o incluso también eliminar hongos y algas de los cultivos”.¹²

¹² TORRES, Manuel. *Agroquímicos*. https://prezi.com/p/a_lqww8oxs5r/agroquimicos/?fallback=1. Consulta: 21 de abril de 2020.

Los fertilizantes están formados por dos o más nutrientes principales, por ejemplo, nitrógeno, fósforo y potasio, pudiendo contener alguno de los tres nutrientes secundarios, calcio, magnesio y azufre o de los micronutrientes, boro, cobre, hierro, manganeso, molibdeno y/o zinc, esenciales para el crecimiento de las plantas, aunque en pequeñas dosificaciones.

Las consecuencias del uso de agroquímicos es que pueden ocasionar enfermedades como: cáncer y anormalidades genéticas en los seres humanos y dañar el medio ambiente.

Las plagas son plantas, insectos, microbios u otros organismos vivos no deseados que interfieren con la actividad humana. Estos pueden destruir cultivos de alimentos, animales domésticos, materiales o medios de vida.

2.6. Descripción del proceso de producción de plántulas

A continuación se describe cada uno de los procesos que se establecidos para la producción de plántulas en CDDT.

2.6.1. Planificación de siembra

Teniendo las fechas en que será requerida la cosecha de plántulas el técnico planificador del CDDT realiza la programación de siembra por medio de un programa de Excel donde calcula la cantidad de bandejas a sembrar incluyendo el porcentaje de germinación y el porcentaje de pérdida por traslado, así como también calcula la cantidad de *Peat Moss* que se necesita, la fecha óptima de siembra según el tipo de semilla y la cantidad de personas a realizar la siembra.

2.6.2. Llenado de bandejas

Hay campos agrícolas con máquina diseñadas para llenar las bandejas con el sustrato para tener un relleno homogéneo, pero en el CDDT el método utilizado es de forma manual, se coloca sustrato dentro de las bandejas, se aprietan una con las otra con las manos y quedan listas con orificios donde se colocan las semillas.

2.6.3. Siembra de la semilla

Para realizar esta actividad en el CDDT se coloca una semilla en forma manual en cada celda de la bandeja, posteriormente se coloca más sustrato de germinación quedando la semilla a una profundidad equivalente a dos veces el tamaño de las mismas. Para realizar esta actividad cuentan con una pizarra donde detallan la cantidad de bandejas a sembrar por cada tipo de semilla.

2.6.4. Período de germinación y brote de semilla

“El proceso de germinación inicia justo cuando las semillas embeben agua, se hinchan e inician las reacciones del proceso de germinación, primero sale la radícala”.¹³

Las bandejas una vez que están sembradas y bien regadas, se deberían de llevar a un lugar sombreado para que inicie la germinación, a este lugar se le llama cuarto especial de germinación con temperatura y ambiente controlado, pero en el CDDT no cuentan con dicho lugar para llevar a cabo esta actividad.

¹³ Cooperativa Integral Agrícola Ixb'alam R L. *Plan de Negocios*. https://issuu.com/proyectopprcc/docs/plan_de_negocios_sistema_agropecuaria. Consulta: 22 de abril de 2020.

Este proceso se realiza en las camas del invernadero trasladando las bandejas del área de siembra de cinco en cinco a dichas camas y puede durar varios días para llegar al periodo de brote de la semilla.

2.6.5. Riego

El sistema de riego es por microaspersión con presión de agua potable. Tiene un mantenimiento de cada 15 días que consiste en inspeccionar las mangueras y de limpiar el filtro de agua.

Existen problemas inter institucionales ya que el agua potable y la energía eléctrica vienen de la red de distribución del LNS del Ministerio de Salud Pública (MSP) y no del MAGA, como debería de ser, lo cual ha afectado en días de escasez de agua y suspensión del servicio de energía eléctrica.

Se cuenta con materiales para la implementación de depósitos de agua para un sistema de riego hidroneumático, pero debido a la falta de presupuesto no se ha concluido, se tienen dos depósitos de agua de 1 200 litros de capacidad y una bomba de agua de 745,7 vatios.

2.6.6. Nutrición de la planta

Se realiza solamente con humus de lombriz coqueta roja, la periodicidad de aplicación es de una vez a la semana y se realiza por medio de una bomba aspersora de mochila.

2.6.7. Muestreo

En la actualidad no poseen un procedimiento específico para la realización del muestreo, lo realizan de forma aleatoria y por observación, si el tamaño de la plántula esta pequeña en relación a la fecha de cosecha se le aplica más humus.

2.6.8. Manejo fitosanitario

No hay ningún control del manejo fitosanitario en los invernaderos, como lo es el cumplimiento estricto de un manual de procedimientos de uso interno por lo que en la actualidad existe lo que le conoce como contaminación cruzada por no cumplir con los requisitos mínimos que son requeridos por las BPA y la falta de uso de EPP del personal que labora o visita el lugar de producción de plántulas.

2.6.9. Cosecha de las plántulas

Las plántulas están listas para salir a ser despachadas cuando llenan los siguientes requisitos:

- Tallos gruesos y fuertes.
- Raíces sanas y abundantes.
- Altura de 12 a 15 cm.
- Hojas verdes y libres de plagas y enfermedades.

En la tabla II se muestran el periodo de crecimiento en el invernadero de cada tipo de semilla:

Tabla II. **Tiempos de germinación de plántulas en el CDDT**

Semilla	Estimado de germinación (días)	Crecimiento de las plántulas (días)
Acelga	14	15
Berenjena	12	15
Cebolla	15	15
Cilantro	19	15
Espinaca	14	15
Güicoy	15	15
Lechuga	12	15
Perejil	20	20
Pepino	15	15
Remolacha	15	15
Zuchinni	15	15

Fuente: Centro Demostrativo de Desarrollo Tecnológico, MAGA-VISAN-DAPCA.

La extracción de plántulas de las bandejas es realizada por medio de un alambre o palillo, en forma de gancho, lo cual no es el adecuado ya que provoca que se desbarate la raíz de la plántula y ya no sea apta para el trasplante.

2.6.10. Control de mortandad de plántulas

No se tiene un registro de la mortandad de las plántulas por especie, tiempo y calidad de semilla. Para mejorar la productividad debe de conocerse todas las características de la semilla ya que se manejan semillas con diferente tiempo de compra y las que tienen más tiempo de adquisición tienen menos porcentaje de germinación.

2.6.11. Transporte de las plántulas

Al momento de ser despachadas las plántulas se genera un envío de salida de plántulas y un cuadro de germinación, los cuales deben ser entregados al técnico del área administrativa del DAPCA para que se realicen los trámites administrativos respectivos para la impresión de las planillas de entrega de insumos a beneficiarios.

Las plántulas son transportadas hacia los beneficiarios en canastas que no llevan ningún proceso de lavado ni de desinfección por lo cual se tiene una contaminación cruzada en el proceso de extracción de las plántulas por lo que se recomienda utilizar las BPA por medio de la construcción de un área específica para el lavado y desinfección con cloro de las canastas y la adquisición de una estantería para su secado.




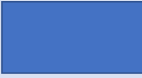


2.6.12. Diagrama de flujo del proceso de producción de plántulas

Es una representación gráfica de un procedimiento. “Estos diagramas utilizan símbolos con significados bien definidos que representan los pasos del procedimiento y el flujo de ejecución mediante flechas que conectan los puntos de inicio y de fin de proceso”.¹⁴

El significado de los símbolos utilizados para la elaboración de los diagramas de flujo se muestra en la figura 8.

¹⁴ UNED. *Procedimiento para Elaboración de Documentos y Registros*.
https://uned.cr/viplan/images/cppi/documentos/UNED-CPPI-PN-PR1_V15_Mayo_2017.pdf.
Consulta: 22 de abril 2020.

Figura 8. **Simbología utilizada en el diagrama de flujo**

Nombre	Símbolo	Significado
Operación		Representa la ejecución de una actividad.
Transporte		Indica el traslado de la materia prima.
Demora		Representa la demora necesaria en el proceso.
Inspección		Se utiliza cuando surge una inspección.
Almacenaje		Se emplea cuando se resguardan los insumos
Línea de conexión		Sirve para unir una actividad a otra.

Fuente: elaboración propia, empleando Office 365.

A continuación, se presentarán los diagramas de flujo que detallan cada uno de los procesos en el orden en que se realizan con el fin de dar una mejor explicación. Los procesos son los siguientes:

- Programación de siembra, tabla III.
- Lavado de 12 bandejas para siembra de plántulas, tabla IV.
- Producción de 200 plántulas, tabla V.

Tabla III. Diagrama de flujo del proceso de programación de siembra en el CDDT

Diagrama No. 1		Actividad		Fecha: 27/04/2020		Elaborado por: Selgry Natory Solano Morales			
Página de 1 a 1				Actual		Propuesto		Economía	
Proceso:		Operación		Cant	Tiempo	Cant	Tiempo	Cant	Tiempo
Programación de siembra		Transporte		2	44,88				
Tipo de Diagrama		Espera		0	0				
Material		Inspección		0	0				
Operativo	X	Almacenamiento		1	0				
Método									
Actual	X	Distancia Total							
Propuesto		Tiempo Total			44,88				
Descripción		Operación	Transporte	Espera	Almacenamiento	Distancia (metros)	Tiempo (minutos)	Observaciones	
1	Recepción de solicitud y semilla	1	→	□	▽	N/A	4,88	Carta de solicitud	
2	Programación de siembra	2	→	□	▽	N/A	40,00	Documento excel	
3	Almacenaje de semilla	3	→	□	▽	N/A			

Fuente: elaboración propia, empleando Office 365.

Tabla IV. Diagrama de flujo del proceso de lavado de 12 bandejas para siembra de plántulas en el CDDT

Diagrama No. 2		Actividad		Fecha: 27/04/2020		Elaborado por: Selgry Natory Solano Morales			
Página de 1 a 1				Actual		Propuesto		Economía	
Proceso:		Operación		Cant	Tiempo	Cant	Tiempo	Cant	Tiempo
Lavado de 12 bandejas para siembra de plántulas		Transporte		6	63,21				
Tipo de Diagrama		Espera		1	0,76				
Material		Inspección		0	0				
Operativo	X	Almacenamiento		1	0,31				
Método									
Actual	X	Distancia Total							
Propuesto		Tiempo Total			64,28				
Descripción		Operación	Transporte	Espera	Almacenamiento	Distancia (metros)	Tiempo (minutos)	Observaciones	
1	Recepción de bandejas	1	→	□	▽	N/A	0,86		
2	Traslado de bandejas	2	→	□	▽	34	0,76	Bandeja plástica	
3	Llenado de pila	3	→	□	▽	N/A	5,33	Agua potable	
4	Desinfección de bandejas	4	→	□	▽	N/A	10,00	Cloro	
5	Lavado de bandejas	5	→	□	▽	N/A	15,1		
6	Inspección de lavado	6	→	□	▽	N/A	0,31		
7	Secado de bandejas	7	→	□	▽	N/A	30,00		
8	Embalaje	8	→	□	▽	N/A	1,92	Bolsas de nylon	
9	Almacenaje de bandejas	9	→	□	▽	N/A			

Fuente: elaboración propia, empleando Office 365.

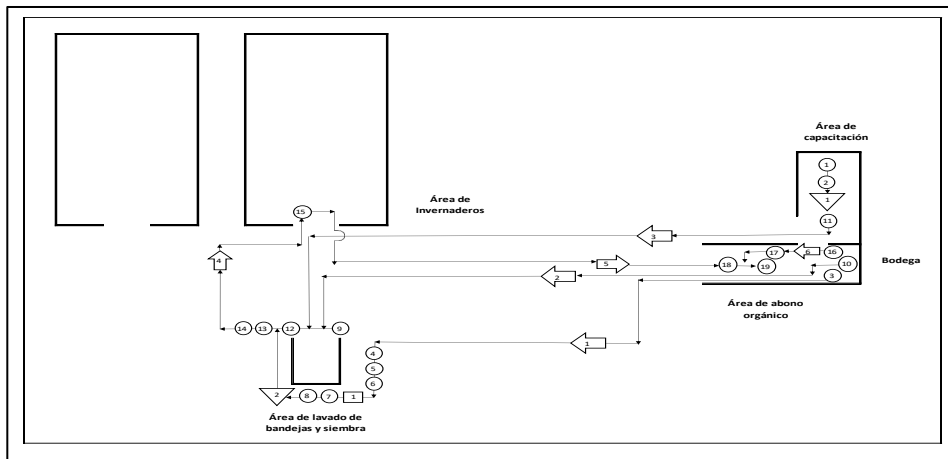
Tabla V. Diagrama de flujo del proceso para la producción de 200 plántulas en el CDDT

Diagrama No. 3 Página de 1 a 1		Actividad	Actual		Propuesto		Economía		
			Cant	Tiempo (min)	Cant	Tiempo	Cant	Tiempo	
Proceso:		Operación	11	43 219,97					
Producción de 200 plántulas		Transporte	5	5,45					
		Espera	0	0					
Tipo de Diagrama	Material	Inspección	0	0					
	Operativo	X Almacenamiento	0	0					
Método	Actual	X Distancia Total		121					
	Propuesto	Tiempo Total		43 225,42					
Descripción		○	➡	D	□	▽	Distancia (metros)	Tiempo (minutos)	Observaciones
1	Recepción de programación diaria de siembra	9	➡	D	□	▽	N/A	4,04	Planificación
2	Recepción y pesado de Peat Moss	10	➡	D	□	▽	N/A	1,15	
3	Traslado de Peat Moss	11	➡	D	□	▽	34	0,76	Peat Moss
4	Recibir de semilla	12	➡	D	□	▽	N/A	1,06	
5	Trasladar semilla	13	➡	D	□	▽	42	1,15	Semilla
6	Preparación del sustrato de germinación	14	➡	D	□	▽	N/A	0,5	Agua y humus de lombriz
7	Llenado de bandejas con sustrato de germinación	15	➡	D	□	▽	N/A	0,42	Bandeja plástica
8	Colocar semilla en bandeja plástica y mas sustrato	16	➡	D	□	▽	N/A	4,33	
9	Traslado de bandejas a invernadero	17	➡	D	□	▽	12	1,05	
10	Riego y fertilización	18	➡	D	□	▽	N/A	43 200	Agua y humus de lombriz
11	Traslado de bandejas para cosecha	19	➡	D	□	▽	24	1,64	Plántulas
12	Recepción de caja para despacho de plántulas	20	➡	D	□	▽	N/A	0,18	
13	Traslado de caja para despacho de plántulas	21	➡	D	□	▽	9	0,85	Caja plástica
14	Preparación de bandejas para el despacho de plántulas	22	➡	D	□	▽	N/A	1,23	
15	Cosecha de plántulas	23	➡	D	□	▽	N/A	4,01	
16	Despacho	24	➡	D	□	▽	N/A	3,05	Envió y cuadro de germinación

Fuente: elaboración propia, empleando Office 365.

En el diagrama de recorrido del proceso de la figura 9 se puede observar gráficamente la ubicación de todas las actividades que se registraron en los diagramas de flujo antes descritos.

Figura 9. **Diagrama de recorrido del proceso para la producción de plántulas en el CDDT**



Fuente: elaboración propia, empleando Office 365.

2.6.13. Descriptor de puestos del personal a cargo de la producción de plántulas

A continuación, se describe los puestos del personal.

2.6.13.1. Encargado de CDDT

Es la persona responsable de gestionar y coordinar las actividades del CDDT con el director y los jefes de departamentos de la DAPCA, así como también debe de velar de que todas las actividades laborales de todas las áreas del CDDT se cumplan a cabalidad.

2.6.13.2. Encargado de producción

Tiene como funciones: coordinar y programar todas las actividades realizadas por el planificador y los técnicos de campo para la producción de plántulas, coordina y verifica el adecuado uso de los insumos y herramientas utilizadas por el personal y también coordina la producción de material vegetativo y brotes tiernos para la producción de plantas medicinales.

2.6.13.3. Planificador del CDDT

Coordina con el Encargado del CDDT y el encargado de producción las distintas actividades de mantenimiento, siembra, capacitaciones, control de inventario de herramientas, existencias de insumos y de producción, también el planificador realiza y archiva informes, oficios, memorándum y circulares que se generen o ingresen al CDDT.

2.6.13.4. Técnicos de campo

Son los encargados de realizar la construcción de las instalaciones y de dar el mantenimiento de las mismas y de las herramientas. Realizan actividades de siembra, fertilización, riego, prácticas agrícolas, cosecha de plántulas y alimentación y cuidado de animales. Los técnicos de campo imparten las capacitaciones sobre: agricultura orgánica, lombricompostas, alimentación saludable, plantas medicinales, agricultura vernácula, alimentación escolar, huertos escolares con fines pedagógicos, ganadería caprina, apicultura, acuicultura, galpón, aves de corral, reciclado, huertos urbanos y extracción de aceites esenciales.

2.7. Análisis de FODA de la CDDT-DAPCA-VISAN-MAGA

Para el desarrollo del análisis FODA, es necesario realizar una breve descripción del su significado y de su importancia en las empresas que lo realizan, se utiliza como una herramienta para ver pasos y acciones a futuro. La misma logra mediante el estudio del desempeño presente del interior de la empresa y del entorno empresarial, marcar posibles cambios dentro de la organización, también permite como valor agregado que el nivel gerencial de la empresa reflexione sobre ella y conozca mejor la organización a la que pertenece y logre un mayor compromiso con los objetivos de la misma, aumentando así un mayor compromiso para el desarrollo de la misma.

El análisis FODA puede ser aplicado en varios estudios y puede ser usado en todos los niveles de una institución, debe ser orientado hacia los componentes claves para el obtener éxito organizacional.

Para el desarrollo del FODA, es indispensable analizar de forma objetiva cada una de las Fortalezas y Debilidades internas de la organización y las Oportunidades y Amenazas del exterior para tomar las estrategias que a corto o mediano plazo se deben de desarrollar para el fortalecimiento de la organización.

Después de conocer algunos conceptos fundamentales sobre el FODA se procederá a realizar el análisis dentro del CDDT.

2.7.1. Fortalezas

La capacidad o recursos que tiene el CDDT para desarrollar sus funciones son:

- El encargado del invernadero es una persona de mucha experiencia ya que tiene diez años laborando en el área de producción de plántulas bajo condiciones de invernadero.
- Una mayor aceptación de las plántulas en los beneficiarios ya que al sembrar plántulas en vez de semillas su crecimiento y producción es más eficiente.
- La producción de plántulas cuenta con humos de lombriz producido en el mismo CDDT que es agregado con el propósito de darles nutrientes en su etapa de germinación y crecimiento.
- Se cuenta con agua potable para el riego de las plántulas.
- Hay disponibilidad de terreno de campo para la ampliación del área de producción de plántulas, como lo es la construcción de la cámara de germinación y un lugar para realizar la cosecha de plántulas.
- Se tiene una planeación de siembra de semilla calendarizada para dar cumplimiento a las entregas de las plántulas en las fechas establecidas.
- Capacidad de producción de 500 000 plántulas al mes.
- Potencial laboral para mejorar la eficiencia y la eficacia de la producción de plántulas al implementar un manual de Buenas Prácticas Agrícolas.
- Se cuenta con la capacidad de realizar capacitaciones a jefes de familia, personal docente de establecimientos y alumnos en lo que respecta a la producción de plántulas.

2.7.2. Oportunidades

Las condiciones externas existentes para lograr el buen funcionamiento del CDDT son:

- Se cuenta con un presupuesto anual para el funcionamiento del área de producción de plántulas, para el pago de personal que laboran en el invernadero, así como también para la compra de insumos y compra de herramienta que sea necesaria.
- La participación de personas que desean implementar huertos familiares para mejorar su seguridad alimentaria o directores que utilizan los huertos escolares pedagógicos implementados en los establecimientos educativos para enseñar a los alumnos tipos de siembras y materias del pensum estudiantil.
- La implementación de huertos permite trabajar con los tipos de plántulas hortícolas básicas que proporciona la DAPCA, así como también plantas nativas, como, por ejemplo: bledo, chipilín, yerba mora, entre otros.
- El trabajar coordinadamente con el Ministerio de Educación (MINEDUC) para la implementación de los huertos escolares pedagógicos.
- Para el buen funcionamiento del invernadero se cuenta con el apoyo de VISAN y el de DAPCA.
- Incremento en la cantidad de establecimientos que implementan huertos escolares pedagógicos con plántulas a nivel nacional.

- Expansión de construcción de CDDT en algunos departamentos de Guatemala con ubicación estratégica para tener una mejor cobertura a nivel nacional.
- Se cuenta con la colaboración de las otras instancias gubernamentales para producir plántulas en otros lugares, por ejemplo: los profesionales y técnicos del DAPCA utilizan invernaderos ubicados en los departamentos de Petén, Alta Verapaz y Chimaltenango.

2.7.3. Debilidades

Los aspectos internos del CDDT que minimizan las posibilidades de éxito son:

- No existe en la actualidad sistemas de control que determinen la eficiencia y eficacia de la producción de plántulas.
- La baja cantidad de producción en relación a la capacidad instalada es debido a la baja aceptación por falta de involucramiento de los profesionales y técnicos de campo del DAPCA para la distribución de las mismas, así como la falta de transporte y sus derivados para llegar a más lugares.
- Falta de herramientas y equipo de invernadero para la producción de plántulas.
- No hay una planificación para la capacitación del personal involucrado en la producción de plántulas.

- Se tiene en la actualidad la falta de implementación del sistema de riego por medio de la bomba hidroneumática.
- No se cuenta con una infraestructura específica para el área de cosecha de las plántulas para su respectivo despacho.
- Se tiene actualmente un uso ineficiente del agua durante el tiempo de riego.
- No se cuenta con la instalación de un pozo propio ya que la red de distribución es proporcionada por las instalaciones del edificio del LNS.
- Existe pérdida de producción debido a plagas ya que no existe un control etológico interno y además no se tiene un control de la cantidad de mortandad de las plántulas.
- La falta de mantenimiento en las estructuras de los invernaderos se puede observar en la torsión de las paredes y vigas, así como también las rupturas en el nylon.
- La falta de compromiso existente del personal interno que labora en la CDDT ya que no se cuenta con un con un Manual de Inspección Fitosanitario y un Manual de Buenas Prácticas Agrícolas.
- La falta de información y conocimiento de la mayoría de la población guatemalteca de la existencia y del que hacer del DAPCA para su aprovechamiento y fortalecimiento de áreas que tengan la necesidad de desarrollo autosostenible.

- El manejo de inventarios de semilla no se trabaja con un método de manejo de inventarios.

2.7.4. Amenazas

Lo externo que afecta en el CDDT para la realización de sus labores es:

- La tardanza de la compra de insumos para realizar la producción del año en curso genera atraso en la implementación de los huertos.
- Las plagas del invernadero que se comen las plántulas o semillas no se les ha dado la importancia que corresponde ya que no están controladas y siguen provocando problemas internos significativos para el desarrollo de las mismas.
- La inestabilidad laboral genera atrasos en la producción ya que por la rotación de los mismos no se desarrollan habilidades ni experiencia en el personal interno.
- La falta de análisis, evaluación e interés de los programas que se encuentran en fase de implementación cuando hay un cambio de autoridades gubernamentales ya que no les dan el seguimiento de ejecución en su respectivo período administrativo.

2.8. Capacidad instalada de la CDDT-DAPCA-VISAN-MAGA

La capacidad instalada entre los dos invernaderos es de 500 000 plántulas lo que significa que se tienen a disposición 2 500 bandejas.

2.9. Identificación de usuarios del programa

Para la identificación de los beneficiarios con implementación de huertos se encuentran los siguientes programas:

- Huertos familiares.
- Huertos escolares con fines pedagógicos.

2.9.1. Huertos familiares

Los huertos familiares tienen el propósito de apoyar con insumos, herramientas y equipos a personas que son jefe o jefa de familia. La puesta en funcionamiento de los huertos familiares facilita la obtención de diversos productos agrícolas, brinda el intercambio de experiencias y conocimientos a través de la integración familiar, ya que se requiere que las personas grandes realicen las actividades más duras como lo es la labranza de la tierra y los más pequeños realicen actividades de siembra, cultivo y cosecha.

La DAPCA cuenta con equipos de trabajo que capacitan, dan asistencia técnica y seguimiento a estos programas con un enfoque de manejo de técnicas agrícolas amigables con el ambiente a fin de poder optimizar los recursos y el espacio disponibles con el que cuentan las familias.

El área estimada para la realización de un huerto familiar es de 24 m², está conformado por familias con alta vulnerabilidad a la inseguridad alimentaria y nutricional.

Los huertos familiares se clasifican en:

- Huertos familiares meta: donde se utiliza semilla comprada en el año en curso.
- Huertos familiares especiales: donde se utilizan semilla comprada en años anteriores.

2.9.2. Huertos escolares con fines pedagógicos

Este es un programa que persigue despertar en el niño el interés por la producción de alimentos a través de la puesta en funcionamiento de huertos escolares, que les permita conocer los procesos productivos y puedan obtener parte de su alimentación con sus propios medios, estos huertos fomentan la relación de maestros y alumnos, el trabajo en equipo, adquirieren valores en pro del desarrollo ambiental y refuerzan algunas materias básicas del aprendizaje. El enfoque pedagógico para los niños más pequeños se realiza por medio de la construcción de tabloncillos de siembra alfanumérica y geográfica para apoyar en la enseñanza de materias de su pensum escolar.

El área estimada para la realización de un huerto escolar con fines pedagógicos es de 100 m² y para la implementación de este tipo de huerto el establecimiento debe tener lo siguiente:

- Presencia de las juntas escolares y COEDUCAS.
- Disponibilidad de alumnos a trabajar en actividades extra-aula.
- Apoyo de los padres de familia.

- Área disponible propia del establecimiento o prestada.

Los huertos escolares con fines pedagógicos se clasifican en:

- Huertos escolares con fines pedagógicos meta: donde se utiliza semilla comprada en el año en curso.
- Huertos escolares con fines pedagógicos especiales: donde se utilizan semilla comprada en años anteriores.

Para la elaboración de un plan de implementación de huertos familiares o escolares los solicitantes deberán cumplir con los siguientes requisitos:

- Carta de Solicitud por parte del director del establecimiento para huertos escolares o del líder comunitario para huertos familiares.
- Copia de DPI del representante ya sea el director o el líder comunitario.
- En huertos escolares deberá entregar el director el listado de alumnos del sistema de registro educativo de MINEDUC y en huertos familiares, el representante deberá entregar copia de DPI de todos los posibles beneficiarios.
- Todas las personas a beneficiar directamente tienen que cumplir con los requisitos establecidos para la validación en el Registro Nacional de Personas (RENAP).
- El grupo que solicite huertos familiares debe de pertenecer a un comité que tenga personería jurídica.

- El profesional o técnico de campo de la DAPCA realiza verificación técnica que avale la factibilidad de la implementación del huerto.

2.10. Clasificación de semillas

La clasificación de las semillas está conformada de la siguiente forma:

- Semillas nuevas: son las que se adquieren en el año en curso para el desarrollo de plántulas de buena calidad.
- Semillas especiales: son las que fueron adquiridas con un máximo de 7 años anteriores en relación al año en curso, son semillas de bajo rendimiento y alto índice de mortandad de las plántulas producidas en los invernaderos, pero al ser entregada a los beneficiarios como plántulas pueden ser utilizadas con confianza ya que sus productos serán de buena calidad.

La separación de huertos por año de compra se debe a que en el MAGA se trabaja cumpliendo con lo establecido en el Programa para la Implementación del Pilar Externo del Plan de Acción a Mediano Plazo para la Efectividad en el Desarrollo (PRODEV), el cual, tiene como propósito fortalecer el sistema presupuestario mediante la identificación de indicadores de resultado que orienten y enmarquen las acciones del sector público y el establecimiento de un sistema de seguimiento de monitoreo que posibilite la verificación del grado de cumplimiento en el logro de los resultados esperados.

2.10.1. Proveedor de semilla

Los proveedores son a los que la entidad del gobierno compra por medio de licitaciones a través de Guatecompras y son escogidos en base a lineamientos internos por lo que sus semillas son seleccionadas en relación a rendimiento, calidad, precio, certificaciones de confiabilidad de la empresa y al renglón presupuestario.

2.10.1.1. Selección de semilla

Las semillas deben de reunir ciertas características para la producción agrícola, entre ellas se pueden describir las siguientes:

- Sanidad: las semillas deben estar en buenas condiciones sin estar dañadas por virus, hongos, bacterias, entre otros.
- Madurez: la semilla tiene que haber completado su ciclo biológico en la planta que la produce.
- Buena conformación: las semillas deben tener las características de la variedad, tales como peso, estructura, aspecto, volumen, entre otros.
- Viabilidad: es el porcentaje de un número de semillas que tiene la capacidad de germinar y volverse una planta.
- Energía germinativa: cuando la semilla tiene la capacidad de germinar rápidamente después de su siembra.

- Longevidad: se refiere al tiempo que una semilla puede estar almacenada sin perder su capacidad de germinar.

2.11. Listado y características de plántulas suministradas a los beneficiarios

El tipo de semillas para la producción de plántulas que son proporcionadas para la implementación de huertos escolares y huertos familiares fueron seleccionadas debido a que son las que se adaptan a todos los climas en nuestro país y se enlistan en la tabla VI, así como también, se muestra los porcentajes de germinación de la semilla establecidos por el CDDT, estos últimos fueron determinados por las pruebas de germinación realizadas en año 2019, este porcentaje depende del año de compra y de la marca de la empresa donde fueron compradas las semillas.

Tabla VI. Porcentaje de germinación según el año de compra

Tipo de semilla	Año de compra					
	2013	2014	2016	2017	2018	2019
Acelga				90 %	90 %	90 %
Berenjena			82 %		90 %	
Brócoli					85 %	
Cebolla		93 %			95 %	95 %
Cilantro				85 %	85 %	90 %
Coliflor					85 %	
Espinaca	80 %	80 %	50 %		85 %	90 %
Güicoy					90 %	98 %
Lechuga					85 %	90 %
Perejil					85 %	
Pepino		90 %			90 %	
Remolacha	90 %				94 %	
Zuchinni					90 %	

Fuente: Centro Demostrativo de Desarrollo Tecnológico, MAGA-VISAN-DAPCA.

2.12. Historial de producción

El CDDT tiene como objetivo principal apoyar en la producción de las plántulas necesarias para la implementación de huertos escolares con fines pedagógicos y huertos familiares que le sean asignados por la DAPCA.

En el año 2018 la DAPCA le asignó al CDDT solicitudes aprobadas de implementación de huertos ingresadas a través del Departamento de Apoyo a la Producción de Alimentos (DAPA).

El total de huertos implementados por el DAPA en el año 2018 fueron los que se muestran en la siguiente tabla VII.

Tabla VII. **Cantidad de huertos implementados en el año 2018 por el DAPA**

Departamento	Huertos escolares con fines pedagógicos meta	Huertos familiares meta	Huertos familiares especiales	Suma
Alta Verapaz	38	475	0	513
Chimaltenango	35	250	757	1 042
Chiquimula	53	450	7	510
El Progreso	15	250	0	265
Escuintla	20	350	0	370
Guatemala	0	0	5	5
Huehuetenango	20	175	0	195
Jalapa	20	350	0	370
Jutiapa	20	321	0	341
Peten	43	375	0	418
Quetzaltenango	0	124	1	125
Retalhuleu	20	0	0	20
Sacatepéquez	28	730	22	780
San Marcos	88	1 200	0	1 288
Santa Rosa	10	0	0	10
Sololá	0	150	40	190
Suchitepéquez	20	450	0	470
Zacapa	20	350	44	414
Total	450	6 000	876	7 326

Fuente: DAPCA. *Informe de ejecución 2018*. p. 3.

De los cuales se proporcionaron plántulas para los huertos que se muestran en la tabla VIII.

Tabla VIII. **Cantidad de huertos implementados por del DAPA con plántulas en el año 2018**

Departamento	Huertos familiares especiales
Chimaltenango	757
Sacatepéquez	22
Sololá	40
Zacapa	44
Total	863

Fuente: Centro Demostrativo de Desarrollo Tecnológico, MAGA-VISAN-DAPCA.

Dando un porcentaje del 11,78 % del total de huertos implementados con plántulas.

En el año 2019 la DAPCA le asignó al CDDT solicitudes de producción de plántulas ingresadas directamente al centro y también las solicitudes aprobadas por el DAPA.

Los huertos implementados por el DAPA por departamento en el año 2019 se muestran en la tabla IX.

Tabla IX. **Cantidad de huertos implementados en el año 2019 por el DAPA**

Departamento	Huertos escolares con fines pedagógicos especiales	Huertos escolares con fines pedagógicos meta	Huertos familiares especiales	Suma
Alta Verapaz	60	69	403	532
Chiquimula	0	116	4	120
Chimaltenango	206	195	199	600
El progreso	26	52	0	78
Escuintla	150	0	0	150
Huehuetenango	90	47	80	217
Jalapa	90	31	0	121
Jutiapa	181	49	0	230
Peten	90	155	0	245
Quiche	76	0	0	76
Sacatepéquez	90	0	0	90
San marcos	188	133	0	321
Santa rosa	150	0	0	150
Suchitepéquez	90	120	0	210
Totonicapán	0	73	0	73
Zacapa	90	12	0	102
TOTAL	1 577	1 052	686	3 315

Fuente: DAPCA. *Informe de ejecución 2019 del DAPA*. p. 2.

Y la cantidad de huertos del DAPA implementados con plántulas fueron los que se muestran en la tabla X.

Tabla X. **Cantidad de huertos implementados por el DAPA con plántulas en el año 2019**

Departamento	Huertos escolares con fines pedagógicos especiales	Huertos escolares con fines pedagógicos meta	Suma
Chimaltenango	86	23	109
Escuintla	30	0	30
TOTAL	116	23	139

Fuente: Centro Demostrativo de Desarrollo Tecnológico, MAGA-VISAN-DAPCA.

Lo cual da un porcentaje del 4,19 % de huertos implementados con plántulas.

La baja cantidad de solicitudes de producción de plántulas fue debido a la falta de involucramiento de los profesionales o técnicos de campo asignados al DAPA en proporcionar este tipo de insumo a los beneficiarios ya que se le dificulta el traslado de estas a su lugar de destino. En el departamento de Chimaltenango se contó con el apoyo de municipalidades proporcionando vehículo, combustible y pago de mano de obra de personas para el traslado de las plántulas.

Del número de huertos implementados con solicitudes directa al CDDT no se contaba con información, solo de la cantidad de plántulas producidas la cual se muestra en la tabla XI donde se incluye también la cantidad de producción durante el año 2018 como también la del año 2019.

Tabla XI. **Cantidad de plántulas producidas en el año 2018 y 2019 en el CDDT**

Departamento	Cantidad de plántulas producidas para DAPA		Cantidad de plántulas producidas solicitudes directas
	Año 2018	Año 2019	Año 2019
Chimaltenango	303 926	264 350	5 000
Chiquimula / Baja Verapaz	0	0	181 800
Escuintla	0	66 300	0
Sacatepéquez	13 475	0	0
Sololá	12 800	0	0
Zacapa	15 050	0	0
Total	345 251	330 650	186 800

Fuente: Centro Demostrativo de Desarrollo Tecnológico, MAGA-VISAN-DAPCA.

La cantidad de plántulas según el tipo de semilla, que se proporcionaron para la implementación de los huertos durante el año 2019 fue como se describe en la tabla XII.

Tabla XII. **Cantidad de producción de plántulas en el CDDT en el año 2019**

Tipo de plántula	Cantidad de plántulas año 2,019
Acelga	51 220
Cilantro	35 550
Gúicoy	8 340
Cebolla	164 900
Remolacha	23 000
Espinaca	19 440
Lechuga	122 600
Perejil	58 600
Brócoli	800
Pepino	12 200
Berenjena	2 800
Coliflor	2 400
Zuchinni	15 600
TOTAL	517 450

Fuente: Centro Demostrativo de Desarrollo Tecnológico, MAGA-VISAN-DAPCA.

La cantidad de 517 450 plántulas producidas en todo el año muestra una baja productividad en función a la capacidad instalada en los invernaderos.

2.12.1. Monitoreo de planes de producción

Cada año vario la cantidad de plántulas que se dan a cada huerto familiar o escolar con fines pedagógicos ya que esto depende de la cantidad y tipo de semilla que tengan en existencia según el año de compra.

A los huertos escolares con fines pedagógicos especiales implementados durante el período del mes de marzo a junio del año 2019 se le proporciono la cantidad de plántulas que se observa en la tabla XIII, tomando en cuenta el porcentaje de germinación de la semilla comprada en el año 2018 y la cantidad

de plántulas que se pierden durante el traslado, del CDDT al beneficiario, se puede determinar la cantidad necesaria de plántulas sembradas.

Por ejemplo:

Cantidad de plántulas por huerto de acelga = PN = 180

90 % de germinación

10 % de mortandad en traslado

$PN + PN * (1 - \% \text{de germinación}) + PN * \% \text{ de mortandad en traslado}$

$180 + 180 * (100 - 90) \% + 180 * 10 \% = 216$

Cantidad de plántulas a sembrar = 216

Tabla XIII. **Cantidad de plántulas sembradas por cada huerto escolar con fines pedagógicos especiales 2019**

Plántulas por huerto escolar con fines pedagógicos especial (marzo - junio 2,019)									
	Acelga	Cilantro	Güicoy	Cebolla	Remolacha	Espinaca	Lechuga	Perejil	Total de plántulas
Cantidad de plántulas por huerto	180	200	60	500	150	120	500	500	2 210
% de germinación	90 %	85 %	90 %	95 %	94 %	85 %	85 %	85 %	
% de pérdida en el traslado	10 %	10 %	10 %	10 %	10 %	10 %	10 %	10 %	
Cantidad de plántulas a sembrar	216	250	72	575	174	150	625	625	2 687

Fuente: elaboración propia, empleando Office 365.

Si se toma en cuenta que 500 000 plántulas es la capacidad instalada dividido la cantidad de plántulas que se necesitaron sembrar por este tipo de huerto, 2 687 plántulas, se obtiene que la capacidad de los dos invernaderos fue

producir plántulas para 186 huertos escolares con fines pedagógicos especiales al mes, durante dicho periodo. Es decir que durante cuatro meses se pudieron haber implementado 744 huertos con plántulas, pero solo se implementaron 116. Porcentaje de eficiencia de marzo a junio = $116 / 744 * 100 = 15 \%$.

Haciendo el mismo cálculo anterior, se puede conocer la cantidad máxima de plántulas que tuvo que sembrar para implementar un huerto escolar con fines pedagógicos meta, el cual se muestra la tabla XIV.

Tabla XIV. **Cantidad de plántulas sembradas por cada huerto escolar con fines pedagógicos meta 2019**

Plántulas por huerto escolar con fines pedagógicos meta (julio - septiembre) 2019							
	Acelga	Cilantro	Güicoy	Cebolla	Espinaca	Lechuga	Total de plántulas
Cantidad de plántulas por huerto	180	250	60	500	240	2000	3 230
% de germinación	90 %	90 %	98 %	95 %	90 %	90 %	
% de pérdida en el traslado	10 %	10 %	10 %	10 %	10 %	10 %	
Cantidad de plántulas a sembrar	216	300	67	575	288	2 400	3 846

Fuente: elaboración propia, empleando Office 365.

La tabla anterior muestra que si se hubiera realizado siembra de plántulas durante los meses de julio a septiembre solo para este tipo de huerto se hubiera tenido una capacidad de cubrir la producción para la implementación de 130 huertos escolares con fines pedagógicos meta al mes, lo que equivale a 390 huertos durante ese periodo, pero solo se elaboraron plántulas para 23 huertos. Porcentaje de eficiencia de julio a septiembre = $23 / 390 * 100 = 5,89 \%$.

Los huertos familiares especiales fueron implementados en los meses de noviembre y diciembre del año 2019 siendo la cantidad de plántulas producidas para ese fin las se muestran en la tabla XV.

Tabla XV. **Cantidad de plántulas sembradas por cada huerto familiar especial 2019**

	Plántulas por Huerto familiar especial (noviembre - diciembre 2019)											Total de plántulas
	Acelga	Cilantro	Cebolla	Remolacha	Lechuga	Perejil	Brocoli	Pepino	Berenjena	Coliflor	Zuchinni	
Cantidad de plántulas producidas	26,200	6,600	95,400	5,600	18,600	600	800	12,200	2,800	2,400	15,600	186 800
% de germinación	90 %	85 %	95 %	94 %	85 %	85 %	85 %	90 %	90 %	85 %	90 %	
% de pérdida en el traslado	10 %	10 %	10 %	10 %	10 %	10 %	10 %	10 %	10 %	10 %	10 %	
Cantidad de plántulas a sembrar	31,440	8,250	109,710	6,496	23,250	750	1,000	14,640	3,360	3,000	18,720	220 616

Fuente: elaboración propia, empleando Office 365.

La cual muestra que, si la capacidad instalada de los invernaderos es de 500 000 plántulas mensuales dividido la cantidad de plántulas sembradas 220 616 durante los dos meses, que se realizó siembra de semilla para este tipo de huerto, hubo un aumento del porcentaje de eficiencia de noviembre a diciembre de $= 220\ 616 / (500\ 000 * 2\ \text{meses}) * 100 = 22,06\ %$.

Aun con este porcentaje la productividad de los invernaderos sigue siendo baja.

En esta última gráfica también se puede observar que para producir 186 800 plántulas se tuvieron que sembrar 220 616, lo que da un porcentaje general de pérdida de plántulas de 15,32 %, pero al no tener un control de mortandad no se puede establecer con exactitud si el porcentaje de germinación brindado por el CDDT es el correcto.

2.12.2. Descripción y periodicidad del monitoreo en los procesos

El monitoreo continuo y programado en los procesos de producción influyen directamente a la calidad de plántula proporcionada a los beneficiarios. En los invernaderos del CDDT se realiza un monitoreo práctico, sin documentación y sin herramientas de medición, ya que esta actividad se limita a solo la observación directa de las plántulas, pero se deberían de considerar controles óptimos que logren obtener información del interior como del exterior. Dentro del invernadero se pueden medir la humedad relativa, la temperatura y el CO₂.

En los invernaderos por su tipo de construcción cerrada se dificulta la circulación del aire, lo que provoca en época de verano un aumento de humedad relativa y temperatura provocado proliferación de enfermedades en las plántulas.

2.12.3. Evaluación de la problemática que se genera por la productividad

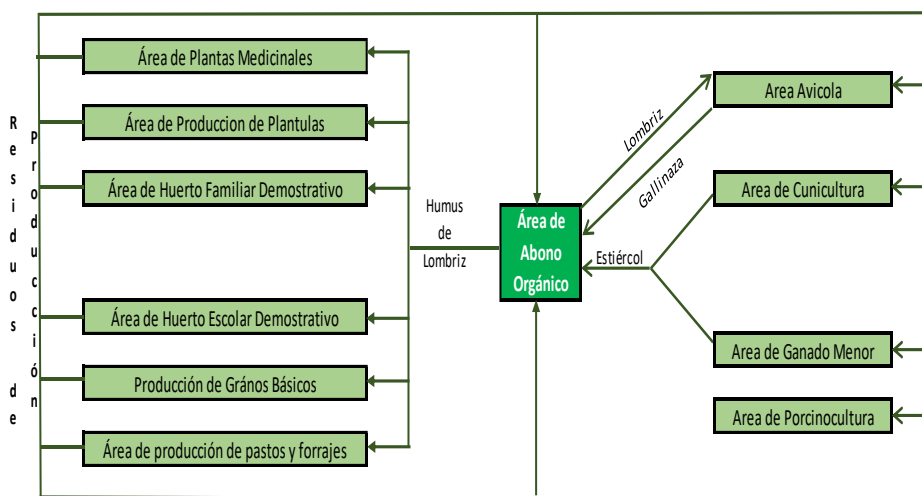
La baja productividad del CDDT esta ocasionada debido a:

- La capacitación del personal que labora en el CDDT por parte del MAGA es mínima, por lo que, para mejorar sus fortalezas y darle las herramientas de conocimientos es necesario proporcionar un valor agregado a su personal, este puede ser por medio de gestiones ante el INTECAP.
- Falta de implementación de huertos con plántulas por parte de los profesionales o técnicos de DAPCA.

- Falta de controles y registros de producción de plántulas ya que no se cuenta con un número confiable de huertos familiares implementado con plántulas.
- La poca publicidad que realiza el MAGA del alcance y de los beneficios que proporciona el CDDT a los distintos departamentos que conforman país.
- La falta de ejecución de jornadas de información la cual puede ser programada con las alcaldías departamentales.
- Falta de responsabilidad de los técnicos de campo en el cumplimiento de su deber al solo entregar la semilla y no dar el seguimiento necesario a los huertos implementados, para obtener mejores resultados de los programas de la DAPCA.
- Falta de apoyo y logística, por ejemplo: vehículos, para la ampliación del CDDT para llegar a más comunidades que requieran la implementación huertos, el crecimiento debe ser de forma gradual para poder tener la cobertura deseada y el aprovechamiento de su capacidad instalada.
- Falta de apoyo del MAGA, para el montaje de los tanques de agua para los invernaderos, así como la instalación de la bomba hidroneumática para surtir de agua al CDDT.
- Ampliación de cobertura a través de implementación de CDDT en áreas de producción de plántulas ubicados en departamentos geográficamente estratégicos.

- Implementación de áreas de producción de tipo animal para que el CDDT funcione como una granja integral autosostenible y proporcione capacitaciones de granja integral agroecológica y autosuficiente, como puede observarse en la figura 10. “En Guatemala los hogares agropecuarios cuentan con sistemas productivos que combinan las actividades agrícolas, pecuarias y forestales. Estas actividades son complementarias en la dinámica del hogar que permiten mejorar en calidad y cantidad la dieta familiar”.¹⁵

Figura 10. **Modelo de una granja integral autosostenible**



Fuente: elaboración propia, empleando Office 365.

- Realizar una modificación de las instalaciones del CDDT para tener menor tiempo de ejecución de los procesos de producción de plántulas. En la figura 11 se plantea una propuesta de dicha modificación e incorporación

¹⁵ FAO. *La Agricultura Familiar alimenta a Guatemala y es base estructural del desarrollo rural integral y sostenible*. http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/FAO-countries/Guatemala/docs/FAO-La_Agricultura_Familiar_B-N.pdf. Consulta: 28 de abril de 2020.

de áreas nuevas para la implementación de una granja integral autosostenible.

Figura 11. Modelo de implementación de nuevas áreas en el CDDT

- 1 Área de Abono Orgánico
- 2 Área de Plantas Medicinales
 - 2.1 Huerto Medicinal
 - 2.2 Jardín de Clonación
 - 2.3 Invernadero de reproducción de Plantas Medicinales y Forestales
- 3 Área de Producción de Plántulas de invernadero
 - 3.1 Lavado, secado y siembra en Bandejas
 - 3.2 Invernaderos
 - 3.3 Bodega de insumos y accesorios para invernadero
 - 3.4 Cámara de germinación
 - 3.5 Cosecha y despacho de Plántulas
- 4 Área de Huerto Escolar Pedagógico Demostrativo
- 5 Área de Huerto Familiar Demostrativo
 - 5.1 Huerto Familiar Tradicional
 - 5.2 Huerto Familiar Productivo
 - 5.3 Huerto Familiar para personas con capacidades diferentes
- 6 Área de Piscicultura
 - 6.1 Cultivo de tilapia
 - 6.2 Bodega de accesorios y herramientas de Piscicultura
- 7 Área de servicios sanitarios y ducha
- 8 Área de Capacitación
- 9 Bodega de herramientas agrícolas.
- 10 Área del Sistema de riego por medio de bomba.
 - 10.1 Instalación del Sistema de Fertiirrigación.
 - 10.2 Bodega de Agroquímicos.
- 11 Área de manejo de reciclaje.
- 12 Área Administrativa
- 13 Área de Producción de Granos Básicos
- 14 Área Avícola
- 15 Área de Cunicultura
- 16 Área de Ganado Menor
- 17 Área de Porcinocultura
- 18 Área Apícola
- 19 Bodega de accesorios o maquinaria agrícola.
- 20 Área de producción de pastos y forrajes
- 21 sistema de almacenamiento de agua.



Fuente: elaboración propia, empleando Office 365.

3. PROPUESTA PARA EL USO DE LAS BUENAS PRÁCTICAS

3.1. Elementos que conforman las Buenas Prácticas Agrícolas (BPA)

“La implementación de las BPA tiene como objetivo la producción de alimentos sanos, inocuos y de calidad, mediante el cuidado de los procesos y las condiciones de producción, y el cuidado, principalmente, de la salud del trabajador rural y su familia y de la sociedad en su conjunto, como así también la preservación de los recursos naturales”.¹⁶

Para llevar a cabo la implementación de las Buenas Prácticas Agrícolas dentro de los invernaderos del CDDT es necesario tomar en cuenta varios aspectos importantes, como son: el agua, los sustratos, la calidad de semilla, el tipo de riego y la fertilización para el desarrollo de plántulas sanas y fuertes.

3.1.1. Agua

Para asegurar la calidad de este recurso, se deben precisar parámetros de cumplimiento para cada una de las operaciones del proceso productivo donde el agua sea de uso prioritario, como, por ejemplo, en la aplicación de riego o de agroquímicos, el lavado de herramientas, el aseo del personal y en algunas prácticas de postcosecha.

La humedad con que se manejan las celdas de las bandejas no debe de ser ni muy húmedo ni muy seco, ya que se quiere lograr un sistema radicular fuerte en el tiempo normal de producción. Lo que significa que debido a un mal manejo

¹⁶ Red de BPA. *Lineamientos de Buenas Prácticas Agrícolas*. <https://www.fao.org/3/a1374s/a1374s02.pdf>. Consulta: 07 de julio de 2020.

de agua no se desarrollará el sistema radicular de la plántula en el lapso de producción y se obtendrá como resultado una plántula envejecida. Dicha humedad debe ser uniforme para tener plántulas en el proceso de germinación y crecimiento con un tamaño parecido y con ello se tendrán menos problemas en el transporte de las mismas hacia los beneficiados.

Las plántulas no ocupan agua durante la noche, una vez que cae el sol sus procesos metabólicos disminuyen y los requerimientos de agua son menores. Siendo así, si le falta un poco de agua a las plántulas por la tarde, después de las 3 p.m., es mejor realizar el riego la mañana siguiente para evitar que exista agua libre y una saturación durante la noche.

Para poder obtener un buen manejo y control del agua el encargado de producción debe de contar con una buena experiencia y capacitación.

3.1.1.1. Calidad del agua

En la producción de alimentos y plántulas cada día es de más importancia la calidad del agua utilizada en el riego, debido a que, si se utiliza agua con un alto índice de contaminación anula todos los esfuerzos de producción. En todas las etapas del proceso de producción de plántulas es necesario hacer un análisis del agua para determinar que tenga las características deseables, las cuales son las siguientes:

- PH 5,8 - 6,0. En este rango de pH la mayoría de los nutrientes disponibles en las plántulas son solubles.
- CE < 0,75 Mmhos/cm. Sales solubles expresada como conductividad eléctrica.

- Alcalinidad < 125 Ppm. Alcalinidad es el contenido total de hidróxidos y carbonatos que afecta el pH del cultivo. Si este nivel excede puede agregarse una cantidad de ácido para neutralizarla, como, por ejemplo, ácido sulfúrico, fosfórico o nítrico.
- SAR < 2. SAR es la relación que existe entre sodio con calcio y magnesio. Cuando la relación SAR es menos de 2 y el sodio es menos de 60 ppm, la relación SAR es adecuada.
- Cloruros < 30 ppm. Cuando el nivel de cloruros es mayor de 30 ppm, la plántula tendrá un desarrollo pobre en las raíces y en las hojas.
- Boro < 0,5 ppm. Si los niveles de boro están por arriba de 0,5 ppm pueden provocar pérdida de los botones florales en algunas especies que son susceptibles.
- Calcio y magnesio. El agua debe contener un mínimo de estos nutrientes para contrarrestar al sodio.

Los resultados del análisis de agua deben revisarse con un técnico especialista en la materia que determine si se encuentran niveles altos de bicarbonatos o si se pudiese requerir la instalación de un sistema de osmosis inversa o de deionización de agua.

3.1.2. Sustrato

Una planta que crece en bandeja o contenedor enfrenta condiciones diferentes a una que crece en el suelo.

El término sustrato se emplea cuando el material sólido utilizado para la germinación de la plántula en bandeja es distinto del suelo natural, el cual cuenta con minerales u orgánicos en forma pura o mezclada que permite el anclaje del sistema radical para el soporte de la plántula.

Un sustrato desempeña varias funciones como: anclar y aferrar las raíces, protección de los rayos del sol, retener el agua y los nutrientes que las plántulas necesitan para su alimentación, además de permitir un buen intercambio gaseoso de las raíces actúa como amortiguador de las reacciones químicas y los cambios de pH. Los sustratos deben generar un impacto amigable con el medio ambiente.

El utilizar sustrato en el CDDT se obtiene una plántula de mejor calidad, en corto tiempo y con bajo costo de producción.

3.1.2.1. Clasificación de los sustratos

Los sustratos por su composición química se dividen en:

- Sustratos inertes: son aquellos que no intervienen en la nutrición de las plántulas.
- Sustratos activos: son aquellos materiales de origen orgánico que aportan uno o varios nutrientes para el desarrollo de las plántulas. En la mayoría de los casos es necesario complementar los nutrientes mediante aportaciones adicionales de fertilizantes o abonos. Una característica común en muchos materiales de este tipo es que son biodegradables.

Por su origen los sustratos son:

- Sustratos naturales orgánicos: estos se encuentran en suelos modificados, hojas de encino, hojas de pino, la corteza de los árboles, las pajas y rastro agrícolas, el aserrín y la viruta de madera, la fibra de coco, la cascarilla de arroz, el bagazo de caña de azúcar y la cachaza, los estiércoles, las compostas y vermicompostas, el *Peat Moss* y algunas fibras naturales o residuos de ellas.
- Sustratos naturales inorgánicos: son obtenidos a partir de rocas de diverso origen, modificando ligeramente su estado inicial para obtener partículas pequeñas, no son biodegradables y conservan su estabilidad física que implica poca disminución de volumen en las bandejas. Como principales sustratos naturales inorgánicos están la arena grava de diversos orígenes, piedra pómez y carbón mineral.
- Sustratos artificiales ya sea industriales o minerales: son aquellos cuya producción requiere de un proceso industrial, mediante el cual transforman sus características físicas o químicas de un estado inicial a otros necesarios para obtener una composición diferente, que permite su empleo comercial en la producción agrícola intensiva.

El sustrato utilizado en el CDDT es el *Peat Moss* mezclado con agua y humus de lombriz roja, pero existen otras mezclas que pueden ser utilizadas, por ejemplo: cascarillas de arroz, fibra de coco y aserrín, con los cuales se pueden obtener los mismos resultados de producción, la única diferencia es el manejo de agua, las ventajas y desventajas de cada una de ellas se muestran en la tabla XVI siguiente.

Tabla XVI. **Ventajas y desventajas de sustratos según el contenido de la mezcla**

Peat Moos		Otros medios	
Ventaja	Desventaja	Ventajas	Desventajas
Esteriles	Alto costo	Bajo costo	No es esteril
Excelente aireacion	Dificil accesibilidad	Alto intercambio cationico	Mayor irregularidad en las características físicas
Buena retencion de agua		Facil accescibilidad	Se requiere de conocimiento y destreza
Buen drenaje		Buen drenaje	
Intercambio cationico medio			

Fuente: elaboración propia, empleando Office 365.

Para conocer la diferencia entre las características de utilizar sustratos en comparación a los cultivos realizados directamente en el suelo se muestra la siguiente tabla XVII.

Tabla XVII. **Características del ambiente del cultivo en bandejas y del suelo**

Factor	Sustrato en contenedor	Suelo
Retención de Humedad	De capacidad de contenedor a marchitamiento en uno o tres días	De capacidad de campo a marchitamiento en una a tres semanas
Aireación	De baja a alta en un día	De adecuada a alta la mayoría del tiempo
Nutrición	De alta a baja en una semana	De alta a baja a lo largo de la temporada
PH	Cambio de una a dos unidades en una a tres semanas	Relativamente constante a lo largo de la temporada
Salinidad	Problemas crónicos en una a cuatro semanas	De baja a alta a lo largo de la temporada
Temperatura	Cambio de 10 a 30 °C en un día	Relativamente constante a lo largo de la temporada

Fuente: TAPIA Aurelio y RAMÍREZ José. *Invernaderos en México, diseño, construcción y manejo*. p. 60.

De la información descrita en el cuadro anterior se pueden describir lo siguiente:

- Una plántula cultivada con sustratos depende por completo de la persona encargada del cuidado de la misma.
- La humedad disponible en una bandeja con sustrato puede ser extraída por una plántula en plena actividad de crecimiento en uno o dos días.
- Después de un riego, el sustrato se satura desde el fondo de la bandeja provocando un déficit de oxígeno y hasta que las raíces extraen el exceso del agua o esta se drena el aire ocupara los espacios porosos.
- La nutrición debe ser constante ya que debido al espacio limitado de las bandejas o al uso de sustratos inorgánicos, la plántula no dispone de todas las posibilidades de obtener todos los nutrientes.
- Los riesgos de aumentar los niveles de salinidad son mayores al usar sustratos en bandejas respecto a los que se presentan en cultivos en el suelo.
- Los cambios de pH son más bruscos que los cultivos en el suelo y la temperatura puede presentar grandes fluctuaciones, particularmente en cultivos de plántulas en bandejas de color negro donde puede llegar a ser hasta 30 °C entre el día y la noche.

Los problemas señalados para la producción de plántulas con sustratos se solucionan mediante un programa de manejo adecuado de producción en el que se incluyan calendarios de riego y fertilización de acuerdo a las necesidades del cultivo, control del pH adecuado, lavados de sales frecuentes, uso de mallas sombra y calefacción para evitar los cambios bruscos de temperatura en las bandejas.

3.1.2.2. Características deseables de los sustratos

Los materiales utilizados para la elaboración de sustratos deben tener características físicas y químicas que los hagan aptos para el desarrollo de las plántulas. Cuando los materiales no reúnen esas características se pueden preparar mezclas con elementos que reúnan las condiciones deseables. Los sustratos deben de tener como principales características lo siguiente:

- Una alta capacidad de retener los nutrientes y la humedad.
- Circulación eficiente del aire.
- Buen drenaje y capacidad de infiltración del agua.
- Apropiaada distribución de partículas.
- Baja densidad y alta porosidad.
- Buena estabilidad física.
- Tamaño y características homogéneas y uniformes.
- Capacidad de intercambio catiónico.
- PH apropiado.
- Baja salinidad.
- Mínima velocidad de descomposición.

- Que no se compacte.
- Debe estar sin malezas, enfermedades, sustancias tóxicas y plagas.
- Disponibilidad y bajo costo.
- Fácil de mezclar.
- Resistente a cambios externos físicos, químicos y ambientales.

Se considera un buen sustrato el que contenga de 30 a 50 % de material sólido y el resto son poros que intervienen reteniendo humedad y aportan el oxígeno que las raíces necesitan para su desarrollo.

3.1.3. Variedad de semillas

“La semilla es el principal órgano reproductivo de la gran mayoría de las plantas superiores terrestres y acuáticas. Ésta desempeña una función fundamental en la renovación, persistencia y dispersión de las poblaciones de plantas, la regeneración de los bosques y la sucesión ecológica”.¹⁷

La clasificación de las semillas está conformada de la siguiente forma:

- Semilla genética: es producida por el fitomejoramiento y es manipulada para dar origen a otras semillas.

¹⁷ VÁSQUEZ, Carlos; OROZCO, Alma; ROJAS, Mariana; SÁNCHEZ, Mária; CERVANTES, Virginia. *Las Semillas*. http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/157/htm/sec_5.htm. Consulta: 12 de julio de 2020.

- Semilla básica: es la fuente primaria de variedad genética ya certificada que se puede sembrar.
- Semilla de fundación: es aquella que mantiene su pureza genética.
- Semilla certificada: es la semilla que conserva las características botánicas y pureza genética, lo cual es certificado por el estado.
- Semilla híbrida: es el cruce de dos semillas puras que se realiza para tener mejor vigor híbrido de las plantas.

Antes de seleccionar una variedad de semilla específica debemos definir los elementos a considerar, los cuales son:

- Es importante contar con información de la semilla por medio de una hoja técnica, antes de la siembra, la cual incluya información sobre las condiciones bajo las cuales se obtuvo y los porcentajes de germinación.
- Las condiciones de temperatura y humedad necesarias para su almacenamiento, la forma de su distribución, el certificado de origen y la vida de anaquel.
- La experiencia propia o regional con la variedad, los costos, la casa comercial, la preferencia del consumidor y la adaptación de las condiciones locales.
- La resistencia o susceptibilidad a plagas, enfermedades y los análisis fitopatológicos de la semilla tienen mucho peso para estar seguros de su calidad antes de la plantación.

- El aspecto externo: forma, color, peso, estructura y volumen.
- La tolerancia a la salinidad del agua.
- Las cualidades gustativas.
- Si a la semilla se le realiza un tratamiento químico es necesario afirmar de que está permitido en el país y que se cuenta con los registros convenientes.

3.1.4. Riego

Para lograr una producción de plántulas efectiva el suministro de agua es fundamental ya que esta transporta nutrientes a las plántulas y la ayuda a la transpiración y a la reducción de la temperatura en las hojas.

La utilización de un sistema de riego es muy útil ya que operándolo de manera adecuada se puede aplicar por ese medio un manejo de fertirrigación, que es un proceso que ayuda a tener mejores resultados de los nutrientes que son necesarios para el desarrollo y crecimiento adecuado de las plántulas, por lo cual es necesario utilizar agroquímicos, que en su mayoría son fertilizantes.

En los cultivos bajo invernaderos es donde se puede percibir mejor la importancia que aporta el agua por medio del riego, ya que la lluvia es nula, de tal modo que favorece con la regulación de la humedad, del aire y de la temperatura del suelo.

Los sistemas de riego más utilizados son: el riego por surcos, el riego localizado y la aspersión. La selección de un sistema de riego se realiza tomando

en consideración aspectos económicos, las condiciones de las instalaciones, el suministro de electricidad, la disponibilidad de materiales, entre otros.

3.1.4.1. Riego por surcos

Este sistema se utiliza ampliamente en muchos lugares y sobre todo en pequeñas producciones familiares realizadas en el suelo, este tipo de riego también se conoce como riego por gravedad y consiste en el traslado del agua por gravedad por pequeñas zanjas o surcos formados entre las hileras del cultivo, tiene un bajo costo, pero grandes defectos debido a lo siguiente:

- No suministra el agua de forma uniforme ni constante.
- Tiene una eficiencia baja porque el agua suministrada no es realmente aprovechada por las plantas.
- No permite la automatización ni la fertirrigación.

3.1.4.2. Riego localizado

Es un sistema utilizado en producciones bajo condiciones protegidas por sus ventajas, entre las cuales se pueden mencionar la poca pérdida por evaporación y la posibilidad de automatización y fertirrigación.

En este sistema de riego se utiliza el método de riego por goteo que permite una distribución uniforme del agua a lo largo de los cultivos, lo que significa que las primeras plántulas no tienen por qué recibir más agua que las últimas y el sistema de montaje y desmontaje es fácil.

Este sistema de riego también se le conoce como riego por goteo y son baratos, por ello constituyen una de las inversiones más rentables en producción de cultivos protegidos.

3.1.4.3. Riego por aspersión

El riego por aspersión se realiza generalmente por medio de mini pulverizadores o micro aspersores y su uso está limitado a los siguiente:

- Cultivos que no están ordenados debido a que el número de plantas por unidad de superficies es alto.
- Cultivos sensibles a la sequedad del aire, cuando el nivel de humedad del medio ambiente es bajo.

Los aspersores pueden ser colocados sobre el suelo o suspendidos sobre las plantas. El segundo sistema proporciona una mejor humidificación, pero debe utilizarse agua muy pura para evitar manchas de sal en las hojas.

Las boquillas más utilizadas en este tipo de riego son las de plástico ya que por su forma de curvas proporciona una relación gradual entre el caudal y la presión.

En este sistema de riego se utiliza el método de nebulización que es un riego a presión utilizado como un complemento de la ventilación en invernaderos para regular la humedad de su atmósfera y ajustar hasta cierta medida la temperatura del interior. En la figura 12 se puede observar el sistema de riego por nebulización utilizado en CDDT.

Figura 12. Sistema de riego en el CDDT



Fuente: elaboración propia, empleando Office 365.

Para el adecuado manejo de riego de las plántulas producidas en el CDDT hay que considerar lo siguiente:

- El agua a utilizar debe de estar libre de bacterias, hongos y materiales sólidos.
- La falta de humedad reduce la capacidad de germinación de las semillas y detiene el crecimiento de las plántulas.
- Aplicar un riego de saturación después de la siembra de la semilla en las bandejas.
- Se debe tener en cuenta que en pleno verano se puede regar hasta las 4 p.m., pero en tiempos menos calurosos el riego debe de realizarse después de las 3:00 p.m., no se recomienda realizar los riegos después de esta hora ya que baja la temperatura. Debido a esto, el agua del follaje no se va a secar y al entrar la noche, el cambio de temperatura genera

sereno y va a pasar mucho tiempo con agua libre, lo cual provoca generación de hongos y bacterias.

- La mejor manera de hacer un buen riego es que cada vez que se humedezca se debe de observar que cada celda gotee agua.
- Se tienen que hacer riegos de forma manual en lugares específicos, por lo general esto es en las orillas de las camas de los invernaderos porque es donde más circula el aire y pega más el sol. Si se riega todo cada vez que las orillas estén estresadas, se mantendrán muy húmedas las plántulas del centro y estas tendrán problemas de estiramiento, enfermedades y poco sistema radicular.
- Antes de que se haga un riego general es bueno que las plántulas del centro de las camas se vean un poco estresadas para estimular el sistema radicular, pero sin abusar del estrés.
- El riego debe de hacerse en forma suave dejando que el agua caiga como una lluvia fina para evitar el daño que pueda ocasionar una presión fuerte en las plántulas.
- Se recomienda que los invernaderos sean supervisarlos 3 veces al día para revisar la humedad con la que se cuentan las bandejas.

3.1.5. Fertilización

La fertilización se utiliza para corregir diferencias entre las plántulas y para mantener los niveles óptimos de nutrientes, pero el uso de ellos tiene que ser controlado y medido ya que al aplicarlo inadecuadamente las plántulas tendrán

un desbalance en su crecimiento, provocando un sistema radicular pequeño y débil, obteniendo una plántula alargada y de tallo débil.

“El uso integrado de fertilizante en prácticas agrícolas ventajosas proveerá los nutrientes que las plantas necesitan en las cantidades suficientes, en proporciones equilibradas, en la forma disponible y en el período que las plantas lo requieran”.¹⁸

Los elementos críticos que deben tener un balance adecuado son: nitrógeno, potasio, calcio y magnesio. Además, se requiere un buen nivel de fósforo y tomar en cuenta los elementos que pudieran estar presentes en el agua.

En la tabla XVIII se muestra un balance diario de fertilizantes básicos por cultivo.

Tabla XVIII. Fertilizante requerido por litro de agua de riego diario

Fertilizante	Unidades	Chile, Berejena y Apio	Tomate y Coliflor	Brocoli y Repollo	Lechuga	Cebolla y Maiz Dulce	Pepino
Ácido fosfórico	m/l	0,06	0,2	0,03	0,02	0,04	0,04
Nitrato de calcio	g/l	0,21	0,1	0,08	0,09	0,42	0,08
Sulfato de potasio	g/l	0,09	0,05	0,05	0,05	0,18	0,14
Sulfato de magnesio	g/l	0,13	0,06	0,08	0,08	0,25	0,08
Nitrato de amonio	g/l	0,03				0,02	
El pH de la solución nutritiva es de 6,0 a 6,5 por eso es el uso del ácido fosfórico.							

Fuente: elaboración propia, empleando Office 365.

¹⁸ FAO. *Los fertilizantes y su uso*. <http://www.fao.org/3/a-x4781s.pdf>. Consulta: 14 de julio de 2020.

Para tener un buen manejo de fertilizantes químicos es necesario tener un control y buen manejo de su manipulación desde su recepción, es necesario que se cuente con registros de su procedencia, toxicidad y un sistema de inventarios.

Deberá de contarse con un lugar cubierto apropiadamente para el resguardo del mismo, que debe estar seco, limpio, ordenado, sin roedores y lejos de fuentes de agua, en este lugar debe estar prohibido, fumar, comer u otras acciones que tengan como efecto contaminación o riesgo de la salud del personal. Los fertilizantes deben estar separados de las semillas y de los pesticidas, aislados del piso y deben señalarse las áreas de peligro y riesgos.

De todos los fertilizantes utilizados para la producción de plántulas se deberá contar con el certificado de origen que garantice la calidad sanitaria, así como también se deberá confirmar la veracidad de las especificaciones de las etiquetas.

La forma de aplicación de fertilizante químico en las plántulas producidas en el CDDT debe ser realizada por medio del sistema de riego, incorporando el fertilizante en un depósito específico que posteriormente será inyectado al agua de riego.

Se debe de contar con un registro que indiquen las fechas de aplicación, tipo de productos, mezclas y dosis utilizada.

Cuando se aplique fertilización hay que tener control de la humedad para que la plántula tenga el mejor aprovechamiento de nutrientes. Un mal manejo de fertilización provoca en las plántulas una coloración amarillenta, elongación celular y quema de las mismas.

Para el crecimiento radículas incorporar fertilizantes fosforados. Para engrosar el tallo, resistencia a plagas y eficiencia en el riego hay que realizar riegos con fertilizantes que tengan fuentes potásicas. Se utilizarán fertilizantes con fuentes nitrogenadas para ayudar a la plántula para mejorar el follaje.

El agroquímico se aplica antes de las 9:00 a.m. o después de las 3:30 p.m. para evitar quemaduras en las plántulas. No mezclar productos en una aplicación para evitar quemaduras, intoxicaciones y toxicidades. Preparar las mezclas en un lugar debidamente acondicionado y contar con instrumentos de calibración para su medición.

La fertilización en las plántulas se realiza cuando exista un 90 % de emergencia de la semilla y se aplicará en una o dos pasadas, luego dar una aplicación de agua para bajar el fertilizante a la raíz y con esto evitar que las hojas se quemen. El personal que aplica el fertilizante debe tener la debida capacitación y el respectivo EPP.

En la adquisición de los productos tener en cuenta los que están autorizados en el país. No comprar fertilizantes que no cuenten con información en su etiqueta del contenido de nutrientes que posee.

Tomar en consideración la información proporcionada por el fabricante en relación al periodo de ingreso del personal al invernadero después de haber sido aplicado el fertilizante.

Con el uso de abono orgánico se debe de conocer la fuente de la materia orgánica, que este totalmente compostado y que estén libres de contaminantes químicos o biológicos.

3.2. Características de la producción de cultivos

Para llevar a cabo una buena producción de plántulas en los invernaderos del CDDT es indispensable tomar en cuenta los aspectos de observación directa y planificación.

3.2.1. La observación directa

La observación es de gran importancia debido a que día a día el encargado de la producción debe recorrer el terreno y observar detenidamente el estado saludable de las plántulas y si hay presencia de plagas o enfermedades, con el fin de ser reconocidas oportunamente para realizar las acciones necesarias para proteger las plántulas.

3.2.2. La planificación

Con el fin de generar un proceso de mejora continua en la producción de plántulas en el CDDT se debe incorporar una planificación de todas las actividades que se realizan con este propósito, desde su solicitud de siembra hasta el proceso de entrega de las plántulas.

Por medio de una evaluación de resultados, en relación a lo planificado, se determinan los factores que pueden favorecer o afectar la eficiencia y eficacia de la producción siempre teniendo presente aspectos técnicos y económicos. Para realizar dicha evaluación se debe tener como base una cantidad de indicadores que permitan ver la utilización de los recursos en función de los riesgos que sean identificados.

En la medida de lo posible se deben implementar nuevas tecnologías que permitan reducir los impactos sobre el ambiente y las personas, por lo que es necesario contar con un plan de capacitación.

3.3. Protección de cultivos de plagas y enfermedades

Para desarrollar Buenas Prácticas Agrícolas, se debe de realizar un programa de aplicación de productos agroquímicos, sobre todo de fungicidas y bactericidas para prevenir infecciones que conducirían a problemas de sanidad a las plántulas, teniendo cuidado en la presencia de insectos dañinos para evitar la presencia de plagas y virus que puedan acabar en 48 horas con las plántulas.

Para tener un control de enfermedades y plagas en las plántulas es muy importante la eliminación de las fuentes de infestación, que pueden ser de dos tipos:

- Las plagas que tiene supervivencia de un ciclo de cultivo a otro.
- Las plagas que surgen durante cada ciclo.

“En los procesos de control de plagas y enfermedades, se recomienda el uso de métodos naturales, prácticas culturales y control biológico”.¹⁹

El uso de agroquímicos debe realizarse justificadamente y para su aplicación se debe considerar que son utilizados de forma apropiada para la plaga encontrada, que es de baja toxicidad para los enemigos naturales y que son seguros para la salud humana y para el medio ambiente.

¹⁹ Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá. *Buenas Prácticas Agrícolas BPA*. https://ziladoc.com/download/buenas-prcticas-agrcolas_pdf. Consulta: 14 de julio de 2020.

Para tener un buen control de plagas y enfermedades deben de realizarse lo siguiente:

- Llevar un control de las capacitaciones que ha recibido la persona encargada del monitoreo ya que debe tener conocimiento para la identificación precisa de plagas y enfermedades, el uso apropiado del químico y la eliminación de los restos que estos generen. Cuantos más ojos disponibles se tengan para inspeccionar las plántulas en el invernadero habrá más oportunidades de identificar enfermedades e insectos antes de que se conviertan en plagas.
- Tomar en cuenta las condiciones climáticas, si es época de lluvia y humedad para el evaluó de su incidencia.
- Llevar un control de inventario de todos los agroquímicos utilizados en el CDDT.
- Se debe tener un registro de todas las aplicaciones que se realicen en el invernadero, que incluya la siguiente información:
 - Nombre comercial del producto.
 - Ingrediente activo.
 - Dosis y volumen de aplicación.
 - Fecha de aplicación.

- Nombre de la maleza, insecto o enfermedad que se está combatiendo.
- Firma de la persona que realizo la aplicación.
- El tratamiento de la plaga debe ser de acuerdo con las especificaciones de la etiqueta.
- El químico utilizado debe estar autorizado para ser utilizado en el país.
- Se debe de utilizar el EPP y las herramientas apropiadas para su aplicación y calibración.
- No dejar abandonados remanentes de plaguicidas o envases vacíos que hayan contenido plaguicidas.

3.3.1. Prácticas para evitar plagas y enfermedades

Para que exista presencia de plagas en un invernadero es necesario que tenga lugar tres factores, si falta alguno de estos no existen enfermedades o plagas:

- Hospedante (plántulas).
- Agente causal (plaga o patógeno).
- Ambiente favorable para su desarrollo (humedad relativa, temperatura, entre otros).

El uso de controles de insectos ayuda a garantizar el éxito de la producción de plántulas en los invernaderos. El clima cálido y húmedo ofrecen condiciones favorables para la reproducción de insectos por lo que se corre el riesgo de pérdida total de la producción de un invernadero y que el otro que se encuentra a la par también pueda ser infestado.

El uso de mallas antiáfidos de calidad es una estrategia efectiva para la prevención de entrada de insectos ya que cada vez son más estrictas las regulaciones para el uso de insecticidas y pesticidas, si se elige e instala la malla adecuada y se le da un mantenimiento adecuado, se reducirá drásticamente la posibilidad de que entren insectos no deseados al invernadero.

“El manejo integrado de plagas es un enfoque eficaz y ambientalmente responsable para el manejo de plagas que se basa en una combinación de prácticas de sentido común, con un enfoque natural y específico para la prevención y el control”.²⁰ Los controles necesarios para evitar plagas y enfermedades en el CDDT son:

- Biofumigación y limpieza dentro y alrededor de los invernaderos para la eliminación de malezas y rastrojos. La maleza es recomendable quitarla manualmente.
- Mantener de 10 a 15 m de terreno limpio alrededor de cada invernadero, especialmente en las puertas.

²⁰ INTAGRI. *Control Biológico de Plagas en Invernadero*. <https://www.intagri.com/articulos/fitosanidad/control-biologico-plagas-invernadero>. Consulta: 15 de julio de 2020.

- Como medida complementaria se puede utilizar granito, tezontle o asfalto alrededor del invernadero.
- La inspección de la malla antiáfidos es importante para evitar que se rompa y con ello se tendrá exclusión de plagas como áfidos, mosca blanca y trisp.
- Llevar controles de temperatura, humedad e intensidad de iluminación.
- Es recomendable la eliminación inmediata de rastrojos que se encuentren fuera de los invernaderos.
- Las plántulas que se introduzcan dentro de cada invernadero deben estar libres de plagas y enfermedades.
- Las personas que ingresan a los invernaderos no deberán portar ropa amarilla.
- Mantener las puertas de los invernaderos cerradas en todo momento.
- Colocar fuentes con agua con cloro en la entrada de la puerta.

3.3.2. Destrucción de residuos de cosechas dañadas

Para el proceso de destrucción de residuos de cosechas dañada por movimientos de traslado o manipulación que no llene las características propias de una plántula para ser trasplantada se procederá a retirarla del invernadero y será trasladada para la elaboración del abono natural por medio de la descomposición de la misma y su reutilización será como abono a las plántulas.

3.3.3. Plantas trampa

Son aquellas que se utilizan en los alrededores de los cultivos para atraer a las plagas a trampas o cebos en el área circundante a las instalaciones del invernadero.

Este método utiliza la siembra de especies vegetales sembradas en lugares estratégicos con el fin de atraer plagas y evitar de esta forma la colonización del cultivo que se quiere proteger o bien que sirvan de bioindicadores de la presencia de la plaga.

En la mayoría de los casos el resultado obtenido es que en el cultivo a proteger se concentra menos poblaciones de fitófagos o que su presencia en el cultivo se observa unas semanas después. En la tabla XIX se describen el efecto que tienen algunas plantas trampas sobre plagas y enfermedades.

Tabla XIX. Efectos de plantas trampa

Plantas Trampa	Efecto
Ajo	Atrae los trips y aleja plagas como orugas, escarabajos, tizón, roya, pulgones, gorgojos, gallina ciega, mosca blanca, etc.
Albahaca	Evita el crecimiento de plagas, aleja las moscas y los pulgones.
Caléndula	Atrae a insectos depredadores.
Capuchina	Repelente de mosca blanca, chinches y orugas.
Cebolla	Previene de las bacterias patógenas de las plantas, protege de los pulgones y atrae los Trips
Cilantro	Aleja a las orugas y previene de las blanquillas de la col
Flor de veinte pétalos	Previene las mosquitas blancas de los invernaderos.
Girasol	Atrae pájaros para coman larvas.
Habas	Atracción de insectos.
Hierbabuena	Evita las hormigas.
Hinojo	Produce néctar que alimenta a avispas cazadoras de gusanos, polillas, chinches y otras plagas.
Hisopo	Ahuyenta orugas, pulgones y caracoles.
Maíz	Cuando los granos están lechosos atrae a gusanos.
Manzanilla	Hace surgir el vigor de las plantas recaídas si se plantan cerca a ellos.
Menta	Evita las orugas, aleja la blanquilla de la col.
Romero	Repelente de pulgas y garrapatas
Zanahoria	Concentra poblaciones de hongos.

Fuente: elaboración propia, empleando Office 365.

3.3.4. Limpieza de herramientas

Para realizar las actividades de producción en el invernadero se necesita el uso de herramientas cuyo mantenimiento y limpieza es importante para evitar la propagación de plagas y enfermedades además de ser imprescindible para prolongar su vida útil.

Siendo su uso para la eliminación de partes enfermas, podridas o muertas de las plántulas, es muy fácil que durante ese proceso las bacterias se transfieran a esas herramientas, por lo que deben ser limpiadas y desinfectadas para impedir que las enfermedades se trasladen a las plántulas sanas y con ello ayudar a romper el ciclo de transmisión de las enfermedades dentro del invernadero.

Entre las consideraciones a tener para la adecuada limpieza y saneamiento de las herramientas se pueden mencionar las siguientes:

- Capacitar al personal de la forma correcta de limpieza de las herramientas.
- Limpiar las herramientas antes, durante y al finalizar el uso.
- Todas las herramientas y el equipo deben ser lavados y desinfectados después de su uso.
- Antes de usar el equipo o herramientas y de entrarlas al invernadero deben ser desinfectadas, sin importar el tiempo que hayan estado almacenadas.
- Para desinfectar las herramientas se recomienda sumergirlas en agua con cloro durante 15 minutos. También puede utilizarse alcohol al 70 % y agua oxigenada.

- Antes de sumergir las herramientas para la desinfección es necesario que no tengan adheridos restos de tierra o plantas.
- La persona encargada de la actividad de lavado y desinfección de las herramientas debe lavarse las manos, antes y después de realizar esta actividad y deberá usar EPP.
- Luego de la desinfección se secarán las herramientas con un paño suave para evitar oxidación de las mismas.
- Si se vuelven a utilizar contenedores, estos tienen que estar limpios por medio de agua con jabón y restregarlos con cepillos para eliminar materia orgánica presente antes de la desinfección, una vez limpios se sumergen en una solución de cloro de 10 a 30 minutos y se enjuagan bien.

3.3.5. Invernadero limpio

Es importante que dentro del invernadero siempre se mantenga limpio, desde el inicio del proceso de siembra de plántulas, durante todo el tiempo requerido para el crecimiento y luego del despacho de las mismas, con el fin de dar certeza y seguridad del cumplimiento de las normas mínimas de inocuidad.

3.3.5.1. Desinfección en Invernaderos

Una adecuada limpieza da como resultado plántulas sanas, mejor rendimiento en la producción, aumento de rentabilidad y es primordial para evitar enfermedades en el invernadero.

Por lo que es fundamental que la desinfección sea más que un simple lavado rápido de los invernaderos.

La limpieza y desinfección efectiva es un método de bajo costo para tratar los problemas de la producción de plántulas que se tuvieron anteriormente. Una limpieza profunda puede minimizar la cantidad de pesticidas a utilizar en la producción.

A continuación, se describen las actividades de saneamiento que hay que realizar en el invernadero con el fin de evitar la transmisión de enfermedades a las plántulas, las cuales son:

- Para una adecuada desinfección es necesario que se limpie y se lave el invernadero previamente a la desinfección de toda la estructura y de todo el equipo utilizado como, por ejemplo, herramientas, equipo de riego, entre otros.
- Hay que realizar la desinfección de las superficies periódicamente, como, por ejemplo, camas de los invernaderos, estaciones de sembrado de semillas, trasplante a macetas, entre otros. La madera suele ser una fuente de enfermedad de pudriciones de la raíz e insectos, también las algas tienden a crecer en la madera. La mayoría de organismos que provocan enfermedades se alojan en las superficies horizontales.
- La superficie texturizada del cemento, y probablemente otras superficies texturizadas, contiene muchos tipos de materia orgánica y esporas de hongos y bacterias capaces de causar enfermedades, por lo tanto, estas áreas deben lavarse o limpiarse con un detergente o limpiador comercial y una hidro lavadora eléctrica.

- Para obtener resultados óptimos de desinfección debe de considerarse que el tiempo de contacto entre el desinfectante y una superficie debe ser de 15 a 30 minutos como mínimo.

3.3.5.2. Labores culturales y personal

El lavado cuidadoso de manos y su desinfección en las personas que visitan o laboran en esa área de producción de plántulas de CDDT pueden minimizar la propagación de patógenos, por lo cual se recomienda la aplicación de lo siguiente:

- Asegurar condiciones de trabajo adecuadas.
- Las áreas peligrosas para las personas deben estar señaladas.
- El personal que labora debe trabajar con ropa y EPP adecuado.
- Contar con equipo de primeros auxilios y con personas capacitadas para su utilización.
- Todo el personal debe realizarse chequeo médico periódico, especialmente a los que manipulan químicos.
- Es importante que todas las personas que ingresan al invernadero, incluyendo personal constante, temporal y supervisores, tengan conocimiento de los principios de higiene y salud.
- Los trabajadores deben mostrar una buena limpieza personal, baño diario, ropa limpia y mantener una buena presentación.

- Las instalaciones deberán contar con un espacio adecuado para las necesidades del personal y debe enseñarse y exigir la forma correcta de su uso.
- Los sanitarios deben de tener paredes, techo, piso, puerta, inodoro, lavamanos, papel, jabón, basurero, agua, carteles que recuerden el lavado de manos y el uso apropiado de las instalaciones sanitarias.
- Tener disponibles recipientes con desinfectante en cada punto de entrada, donde todas las personas puedan sumergir la suela de sus zapatos antes de entrar a un invernadero.
- Las estaciones para el lavado de manos deben estar equipadas con agua potable limpia y jabón.
- El lavado de manos debe ser hasta el codo, con jabón y agua limpia.
- Si se tose o se destornuda la persona tiene que taparse la boca con las manos y luego lavárselas.
- Las manos deberán de ser lavadas y secadas después de ir al baño, fumar, después del manejo de contenedores sucios, basureros, usar el teléfono, entre otros.
- No fumar dentro de las instalaciones de producción.
- No usar accesorios como reloj, anillos, aretes, entre otros.
- Deberán utilizar guantes cuando se reglamente su uso.

- No deben utilizar contenedores de vidrio.
- En las áreas consideradas como peligrosas no se debe jugar o correr.

En la figura 13 se puede observar la forma de transmisión de algunas enfermedades hacia las plántulas si no se tienen los controles adecuados para eliminar la propagación de las mismas.

Figura 13. **Forma de trasmisión de algunas enfermedades**

Nombre de la enfermedad	Patógeno	Transmisión	Cultivo
Virus			
Mosaico del tabaco	<u>TMV</u>	Manos, herramientas	Tomate,
Virus del mosaico de la calabaza (<i>Squash</i>)	<u>SqMV</u>	Herramientas, escarabajo del pepino, semilla	Plantas en la familia de pepino y la calabaza
Virus del mosaico amarillo del zucchini	<u>ZYMV</u>	Herramientas, áfidos, semilla	
Marchitez manchada del tomate	<u>TSWV</u>	Trips, malezas	Tomate, pimiento, lechuga y otras verduras
Bacteria			
Manchita bacteriana	<i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>tomato</i>	Semilla, herramientas, manos, malezas	Tomate
Chancro bacteriano	<i>Clavibacter michiganense</i> pv. <i>michiganense</i>	Malezas, desechos vegetal, Herramientas, manos	Tomate
Mancha bacteriana	<i>Xanthomonas campestris</i> pv. <i>vesicatoria</i>	Semilla, malezas, herramientas, suelo & desechos vegetal	Tomate, Pimiento

Fuente: RODRÍGUEZ, Lina. *Saneamiento en el invernadero*.

<https://www.canr.msu.edu/uploads/files/aabi/ghsp.pdf>. Consulta: 15 de julio de 2020.

3.4. Manejo de los desechos

Las instalaciones de los invernaderos deben estar libres de desechos de cualquier tipo, así como tener sitios adecuados para el manejo de los mismos, es importante que todo tipo de residuo sea clasificado, identificado y ubicado en lugares apropiados para que pueda ser eliminado o reciclado.

Los productos contaminantes como agroquímicos, aceites, combustibles y efluentes del invernadero deben ser identificados y dispuestos adecuadamente para que no causen contaminación al medio ambiente y a las personas.

Se debe establecer un plan de manejo de los contaminantes tóxicos si fuera el caso, determinar el sitio de disposición o entregarlo al proveedor para que se encarguen de retirarlo de las instalaciones.

3.4.1. Manejo de desechos sólidos

En el proceso de la elaboración de plántulas en el invernadero se encuentran diversos tipos de desechos sólidos o que comúnmente se conocen como basura, la cual representa fuentes de contaminación de la tierra, el agua y el aire y ponen en peligro la salud humana y la buena producción de plántulas.

Dentro de los diversos tipos de desechos sólidos podemos mencionar:

- Residuos plásticos.
- Residuos vegetales.
- Residuos de envases de pesticidas.
- Otros, como por ejemplo alambres, maderas, entre otros.

Para poder mejorar el manejo de los desechos sólidos dentro del CDDT se debería señalar y localizar puntos de recolección de los diferentes tipos de desechos sólidos.

3.4.1.1. Residuos Plásticos

Este tipo de residuos se pueden encontrar cuando se hace el respectivo mantenimiento a las instalaciones, por ejemplo: el desecho de bandejas plásticas deterioradas, los empaques vasillos de las semillas, contenedores utilizados para el riego o recolección de basura rotos, las bolsas negras rotas que se utilizaron para guardar las bandejas limpias, entre otros. Todos los desechos generados no se deben de acumular, sino que deben de retirarse conforme no vayan llenando las respectivas características para su uso en sitios adecuados para su resguardo y extracción.

3.4.1.2. Residuos Vegetales

Son un foco importante de infección para los cultivos, ya que atraen plagas, bacterias o roedores. Los residuos vegetales son restos de hojas, raíces o matas y se deberán de retirar a un lugar en donde se puedan utilizar para hacer compostaje.

3.4.1.3. Residuos de Envases de Agroquímicos

Estos deben de permanecer en una bodega retirada del lugar de los invernaderos, los recipientes vacíos o con producto vencido deben de ser entregado a los proveedores para evitar cualquier foco de contaminación al suelo o a los afluentes acuíferos que puede afectar al personal a cargo del mismo.

“El desecho o destrucción de plaguicidas no utilizables se debe realizar de acuerdo con las normas técnicas específicas que establece el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social”.²¹

El agua que es utilizada para el lavado de los contenedores de agroquímicos no debe ser derramada en corrientes de agua o en el sistema de alcantarillado público y la descontaminación del equipo utilizado debe ser realizada por personal altamente capacitado, bajo la supervisión y responsabilidad del encargado del CDDT, conforme a las medidas de seguridad e higiene establecidas por el Ministerio de Trabajo y Previsión Social y el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación.

3.4.2. Manejo de desechos líquidos

En el CDDT no se cuenta con una adecuada conducción de los efluentes líquidos lo cual provoca un foco latente de contaminación porque el agua pluvial y la utilizada para varias actividades, como, por ejemplo, en el lavado de las bandejas y las cajas de transporte, en la limpieza de invernadero, en la aspersión o riego de las plántulas, no tiene ningún tipo de tratamiento y va directamente al drenaje municipal o provoca empozamientos de agua.

3.4.3. Plan de contingencia para los desechos generados

Para el desarrollo del plan de contingencia es necesario evaluar y llevar a cabo algunas mejoras dentro de las instalaciones del CDDT las cuales serían las siguientes:

²¹ Acuerdo Gubernativo 377-90 Artículo 131. *Reglamento Sobre Registro, Comercialización, Uso Y Control De Plaguicidas Agrícolas Y Sustancias Afines*. <https://www.mspas.gob.gt/images/files/saludambiente/regulacionesvigentes/AgroquimicosPlaguicidas/AcuerdoGubernativo37790.pdf>. Consulta: 26 de julio de 2020.

- Colocar contenedores de basura con su respectiva tapadera, que se encuentren identificados dentro y fuera de cada subárea de producción para clasificar los residuos sólidos orgánicos e inorgánicos.
- Las cualidades que deben tener los contenedores es en función del tipo de residuo sólido, la frecuencia de recolección, la cantidad de generación y el espacio disponible.
- Se sugiere que los contenedores utilizados sean de un material amigable con el ambiente, liviano, resistente, impermeable y fácil para manipular.
- Los contenedores deben ser de fácil limpieza y seguros ante posibles factores ambientales, como lluvia, calor, plagas, hurto, entre otros.
- Evaluar si todos los residuos vegetales se usaran para la elaboración del compostaje o si un porcentaje será eliminarlo por medio del servicio de extracción municipal de basura.
- Se deberá de realizar una capacitación al personal que labora en el CDDT sobre la importancia del manejo y control de los desechos dentro de las instalaciones del invernadero para reducir al mínimo cualquier tipo de contaminación.
- Llevar a cabo una evaluación minuciosa de las instalaciones del invernadero para hacer los cambios o modificaciones que fueran necesarias para reducir cualquier tipo de contaminación aérea o terrestre.

3.5. Señalización para el área de producción de plántulas

Como todo lugar de trabajo es necesario contar con una señalización adecuada por lo que es indispensable el uso de rótulos y pictogramas para que el personal de cumplimiento a las normas internas que deben respetar dentro de las instalaciones del CDDT.

Los pictogramas deben utilizar los colores de seguridad establecidos por la Organización Internacional de Estandarización (ISO) 7 010 ya que cada color y su combinación tienen un propósito específico que permite una interpretación rápida e inequívoca. En la figura 14 siguiente se indica la relación entre colores, el significado de los mismos y las indicaciones de uso.

Figura 14. **Relación de colores de seguridad**

Color de seguridad	Tipo de señal	Forma	Fondo	Pictograma	Borde	Indicadores
Azul	Obligación	Redonda	Azul	Blanco	Azul	Acciones específicas y uso de EPP.
Rojo	Prohibición	Redonda con franca transversal	Blanco	Negro	Rojo	Peligro, alto y prohibición.
Verde	Salvamento o socorro	Rectangular o cuadrada	Verde	Amarillo	Verde	Pasillo y salidas de socorro, lugar de salvamento y primeros auxilios.
Rojo	Contra incendios	Rectangular o cuadrada	Rojo	Amarillo	Rojo	Equipo contra incendios.
Amarillo	Advertencia	Triangular	Amarillo	Negro	Negro	Riesgo de incendios, toxicidad o radiación

Fuente: Elaboración propia, empleando Office 365.

En general todas las subáreas de producción de plántulas en el CDDT deben tener pictogramas que indiquen lo descrito a continuación:

- Prohibido fumar.
- Uso obligatorio de EPP para todo el personal al realizar sus actividades.
- Lavarse las manos.
- Desinfección del calzado.
- Desinfección de herramientas.
- Salidas de emergencia.
- Señalización de un punto de reunión ante algún fenómeno natural.
- Identificación de extintores por su tipo y uso del mismo.
- Lugares de basura y reciclaje.
- Identificación de contenedores para desechos por color.
- Sitios de peligro y toxicidad.

En la siguiente figura 15 se muestran unos ejemplos de los pictogramas a utilizar en el CDDT.

Figura 15. Ejemplos de pictogramas



Fuente: Elaboración propia, empleando Office 365.

Cada contenedor debe estar identificado por color y una rotulación básica establecida por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales para que permita al personal de CDDT su fácil identificación y con ello evitar las confusiones. Los colores y simbología utilizados para la identificación de los contenedores de basura son los que se muestran en la figura 16.

Figura 16. Código de colores y símbolos en contenedores de basura

	Desecho orgánico
	Desecho inorgánico
	Desecho plástico
	Desecho papel y cartón
	Desecho vidrio
	Desecho metálico
	Desecho Tetra Pack.
	Desechos peligrosos bioinfecciosos

Fuente: elaboración propia, empleando Office 365.

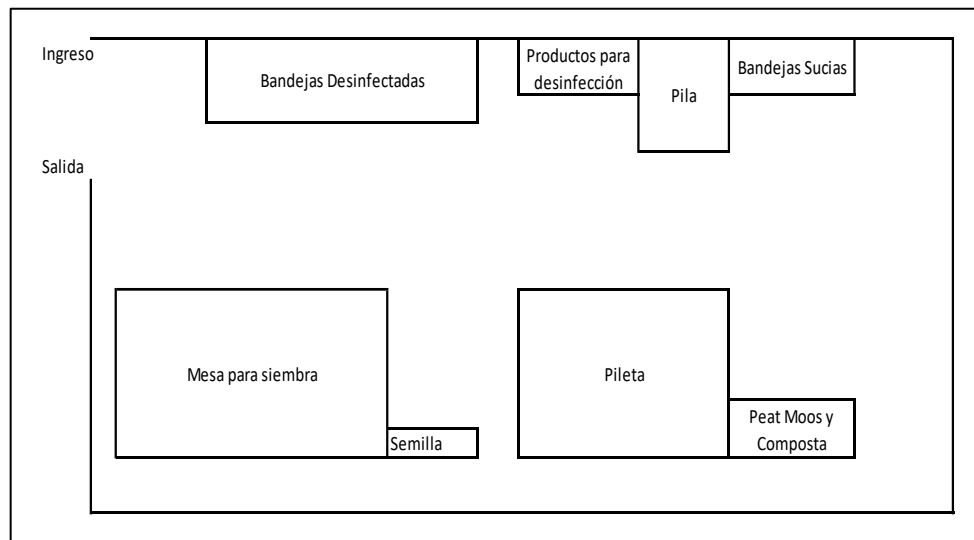
No se debe utilizar botes de colores que no pertenezcan al residuo acumulado ni modificar los colores de los íconos.

Todas las subáreas que se describen a continuación deberán tener un rotulo con el nombre de cada una de ellas en la parte superior de la construcción.

3.5.1. Subárea de lavado, secado y siembra en bandejas

Para realizar la señalización dentro de la subárea lavado, secado y siembra en bandejas es importante tener orden en el espacio respectivo de trabajo, en la parte interna de este lugar se deberá contar con un croquis de distribución de cada uno de los espacios donde se realizan las diferentes actividades, el propuesto es el que se muestra en la figura 17.

Figura 17. **Croquis de la subárea de lavado, secado y siembra en bandejas del CDDT**



Fuente: elaboración propia, empleando Office 365.

Se deben colocar una ficha informativa que indique la cantidad de producto que se necesita utilizar para la desinfección de bandejas y la cantidad de los componentes para la preparación del sustrato de germinación.

3.5.2. Subárea de invernaderos

Las señalizaciones de las instalaciones de los invernaderos del CDDT propuestas son las siguientes:

- Señalización del piso utilizando pictogramas de flechas para indicar el flujo de recorrido dentro del mismo.
- Identificación por medio de rótulos de cada una de los espacios destinados para el crecimiento de semilla según su tipo y la fecha de siembra.
- Identificación específica de tuberías y mangueras con agua o con otro producto.

3.5.3. Subárea de bodega

El lugar donde está colocada la bodega debe de estar bien identificada con los pictogramas respectivos que identifiquen cada uno de los productos que se encuentran dentro de la misma como lo son: semillas, bandejas para siembra de semillas, cajas plásticas para el traslado de las plántulas, los cuales deberán de estar en estanterías de metal para evitar plagas, esto con la finalidad de que no se encuentren en el suelo lo cual no es correcto y no es permitido por la BPA.

El lugar destinado para el almacenamiento de fertilizantes y agroquímicos debe de tener pictogramas que alerten de su toxicidad.

3.5.4. Subárea cámara de germinación

En la actualidad no se cuenta con una subárea de cámara de germinación por lo que este proceso se lleva a cabo en los invernaderos colocando las bandejas en el mismo lugar de las plántulas en crecimiento.

Al contar con un área específica de germinación deberán de colocarse rótulos indicando el tipo de semilla y fecha de siembra.

3.5.5. Subárea de cosecha y despacho de plántulas

Actualmente la cosecha y despacho de plántulas no tiene un lugar determinado para realizar esta actividad, al tener la construcción de esta subárea se debe delimitar cada espacio de cosecha con una franja blanca, también se deben identificar los lugares en donde estarán ubicadas las canastas rojas limpias, desinfectadas y ordenadas y en donde se procederá a colocar las plántulas para su entrega final.

4. PROPUESTA PARA EL MANEJO SOSTENIBLE AGRÍCOLA EN EL CDDT

“La creciente demanda de alimentos aumenta la presión sobre los recursos naturales, sean suelos, bosques, praderas, mares o ríos. Para hacer frente a esta situación, los países miembros de la FAO declaran esencial priorizar la producción sostenible de alimentos básicos y nutritivos para garantizar la seguridad alimentaria”.²² La FAO es la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.

La práctica de agricultura sostenible reduce la contaminación de los recursos naturales por medio de un adecuado manejo y conservación de la biodiversidad reduciendo el uso de productos agrícolas nocivos para el medio ambiente aplicados en la tierra, el agua y los recursos naturales.

Para el desarrollo del manejo sostenible agrícola en el CDDT se procederá a realizar propuestas para mejorar del proceso de siembra de plántulas, para lo cual será necesario la creación de formatos en los que se puedan llevar el control o registro de datos cualitativos o cuantitativos y darle continuidad y trazabilidad a cada tipo de semilla que se maquila.

4.1. Efectos del clima sobre la producción de plántulas y humus de lombriz

El control del ambiente interno o micro clima que se tenga en el interior del invernadero es importante para obtener una buena producción de plántulas.

²² FAO. *Agricultura Sostenible*. <http://www.fao.org/3/a-i5754s.pdf>, Consulta: 29 de agosto de 2020.

Los principales elementos que se pretenden controlar mediante el uso y manejo de invernaderos son:

- Temperatura.
- Luminosidad.
- Humedad ambiental.
- CO₂.

Estos elementos son necesarios para el desarrollo de los cultivos debido a que son dependientes entre sí y cuando se modifica uno de ellos los otros también resultan afectados.

Es importante que se proporcione el equipo de medición necesario en los invernaderos del CDDT con el fin de llevar el control interno y tener datos fidedignos e historial del trabajo que se realiza con cada una de las especies de plántulas y así poder mejorar la productividad y trazabilidad de las mismas, eliminando la forma empírica y poco ordenada de realizar las actividades de producción.

El humus de lombriz está conformado por los siguientes componentes: lombriz roja, agua, hojas vegetales, cartón, pulpa de café y estiércol de vaca, esto lo utiliza la lombriz como su alimento, luego proceden a descomponerlo y por medio de su orina y heces se forma el humus, el cual se utiliza para elaborar el sustrato de germinación mezclado con el enraizador, *Pet Moss* y agua.

Los aspectos a tomar en cuenta para tener buenas condiciones ambientales para una buena producción de humus de lombriz son:

- La humedad debe de ser de un 70 % para que las lombrices tengan una buena ingestión de alimento y mejor deslizamiento a través del material.
- El rango óptimo de temperaturas es entre 12 - 25 °C; y para la formación de huevecillos es entre 12 y 15 °C.
- El óptimo pH es de 7 iones de hidrogeno presentes en la sustancia.
- En el riego debe de evitarse el exceso de agua para que el aire no desplace el material y se provoque fermentación anaeróbica. Si el contenido de sodio y de sales en el agua de riego es alto se producirá una disminución en el valor nutritivo del compost.
- La aireación es primordial para la respiración y desarrollo de las lombrices.

4.2. Control fitosanitario en el CDDT-DAPCA-VISAN-MAGA

Es importante establecer un programa de control fitosanitario porque es la forma más eficaz de prevenir plagas y enfermedades en las plántulas en cada una de sus fases de desarrollo, por medio de monitoreos e inspecciones que proporcionen datos para una adecuada aplicación de acciones preventivas en todos los aspectos que afecten la buena producción.

4.2.1. Observación Directa

El encargado de producción es el responsable de llevar a cabo la observación directa y se debe de realizar tres veces al día para visualizar, evaluar

y controlar cualquier cambio que no sea normal en el proceso de crecimiento de las plántulas dentro del CDDT, para llevar un mejor registro de los cambios que se puedan presentar durante su desarrollo se recomienda llevar una bitácora en donde se pueda anotar cualquier cambio que se haya visto.

4.2.2. Controles de temperatura, humedad e iluminación

Es necesario conocer las condiciones ambientales internas de los invernaderos, temperatura, clima y humedad para monitorear cualquier cambio o efecto significativo en el proceso del crecimiento de las plántulas por lo que es necesario contar con un Termo-higrómetro y un Luxómetro digital en cada uno de ellos para obtener información exacta y fidedigna, dichos aparatos pueden ser como los que se muestran en las figuras 18 y 19.

Figura 18. **Termómetro higrómetro digital para interiores / exteriores**



Fuente: ELITECH. *Productos de Monitoreo*. <https://www.elitechstore.com/products/elitech-bt-3-lcd-indoor-outdoor-digital-hygrometer-thermometer-humidity-monitor-with-clock-and-min-max-value>. Consulta: 2 de septiembre de 2020.

Figura 19 **Luxómetro digital**



Fuente: DOMOELECTRA. *Tienda Online*. <https://www.domoelectra.com/tiendaonline/612-luxmetro-digital-mastech-ms6610>. Consulta: 2 de septiembre 2020.

4.2.3. **Agentes fitopatógenos**

Uno de los grandes retos que enfrenta la agricultura es el combate a los fitopatógenos, como los hongos y bacterias que atacan antes, durante y después de la cosecha, los cuales se reproducen en la superficie de la planta huésped o muy cerca de ella.

Los principales fitopatógenos son:

- *Phytophthora*: es un hongo patógeno del suelo que se propaga a través del agua y la infección se produce a través de zoosporas.
- *Fusarium*: extensa familia de hongos, se presenta principalmente como saprofitos o patógeno especializado.
- *Rhizoctonia*: es un hongo que provoca marchitamiento en las plantas ya que ataca sus raíces.

- *Pythium*: se detecta como parásito en zonas de alta humedad.
Los daños fitopatógenos que disminuyen la vitalidad de la planta son:
- La necrosis: es la muerte del tejido infectado, entre sus signos están las manchas foliares, la putrefacción de la raíz y la aparición del hongo tizón.
- La atrofia: falta de desarrollo en toda o parte de la planta.
- La hipertrofia: cuando la planta crece de más, se puede reconocer por agallas de las raíces, verrugas o tumores.
- La infección de la raíz: contaminación en el sistema vascular de la planta y la generación de un tono amarillo y marchito.


4.2.3.1. Manejo integrado de plagas (MIP)

El manejo integrado de plagas (MIP) es la utilización adecuada de todas las técnicas de tratamiento y manejo de los problemas sanitarios que afectan el cultivo. Se basa en métodos preventivos, de observación, intervención y control, dicho manejo requiere de recursos básicos para el monitoreo de los cultivos, la determinación de las tácticas de control a utilizar, manejo del cultivo, clima, suelo y su uso efectivo.

Dentro del manejo integrado de plagas el encargado de producción debe de demostrar que realiza actividades de prevención y seguimiento de las plagas antes de implementar un procedimiento de intervención con productos fitosanitarios. Estas actividades de prevención y seguimiento deben realizarse durante las actividades previas al cultivo, durante su desarrollo, cosecha y postcosecha de la producción.

La siguiente tabla XX es una propuesta del formato de control fitosanitario a implementar en los invernaderos del CDDT.

Tabla XX. **Ficha de control fitosanitario en invernaderos**

 MINISTERIO DE AGRICULTURA GANADERÍA Y ALIMENTACIÓN VICEMINISTERIO DE SEGURIDAD ALIMENTARIA Y NUTRICIONAL DIRECCIÓN DE APOYO A LA PRODUCCIÓN COMUNITARIA DE ALIMENTOS CENTRO DEMOSTRATIVO DE DESARROLLO TECNOLÓGICO FICHA DE CONTROL FITOSANITARIO DE INVERNADEROS				
INVERNADERO No. _____		FECHA: _____		
RESPONSABLE: _____				
CONTROL DE TEMPERATURA- HUMEDAD- ILUMINACIÓN				
	MAÑANA	MEDIO DÍA	TARDE	OBSERVACIONES
Temperatura				
Humedad				
Iluminación				
Horario de Riego				
Promedio de peso de las bandejas despues del riego				
CONTROL DE FITOPATÓGENOS				
CLASIFICACION	OBSERVACIONES			
Phytophthora				
Fusarium				
Rhizoctonia				
Phytium				
Otros				
BITACORA DE TRABAJO				

Fuente: elaboración propia, empleando Office 365.

Esta ficha es de llenado diario y debe tener registros desde el primer día en que aparecieron los daños fitopatógenos y se describirá si es un problema nuevo o que se haya observado con anterioridad, a la cual deberán adjuntarse fotografías a color de los fitopatógenos encontrados. Si la enfermedad es severa y no se cuenta con información sobre la forma de combatirlo se recolectarán muestras y serán enviadas a un laboratorio para su respectivo análisis.

4.3. Medidas de control fitosanitarios

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) se denomina fitosanitario a “cualquier sustancia o mezcla de sustancias, naturales o de síntesis, destinadas a prevenir, destruir o controlar cualquier plaga: insectos, ácaros, moluscos, roedores, hongos, malas hierbas, bacterias y otras formas de vida animal o vegetal perjudiciales para la agricultura”.²³ en todos los procesos de producción de plántulas.

Las medidas de control fitosanitario a implementar en el CDDT se describen en los incisos siguientes.

4.3.1. Semilla certificada

La semilla certificada o comercial es la obtenida por medio de un proceso legalizado de producción y multiplicación de semilla de variedades mejoradas que garantiza la sanidad de las mismas. Entre sus ventajas se pueden describir las siguientes:


- Ofrece un mejor porcentaje de germinación que garantiza una mejor rentabilidad.
- Asegura una buena implantación del cultivo.
- Es garantía de calidad, uniformidad y pureza.

²³ Red de BPA. *Buenas Prácticas Agrícolas, Lineamientos de Base*.
<https://www.fao.org/3/a1374s/a1374s02.pdf>. Consulta: 05 de octubre de 2020.

- Está libre de malas hierbas, esta desinfectada y es más resistente a plagas y enfermedades.
- Se adapta mejor a las condiciones ambientales.
- Requiere menor tiempo de preparación de la semilla.
- Utiliza menos *Peat Moss* y tiene mejor aprovechamiento de fertilizantes, aumentando así la productividad.
- Puede crear variedades sostenibles con el medio ambiente.
- Garantiza una correcta trazabilidad al inicio de la cadena alimentaria.
- La semilla certificada asegura el cumplimiento con la legalidad vigente y las especificaciones técnicas de los reglamentos que la regulan en el país.

Es importante contar con los datos de la semilla a maquilar antes de realizar la siembra, por lo tanto, se propone la ficha que se muestra en la tabla XXI la cual proporcionará información de las particularidades de las semillas que ingresan al CDDT según su procedencia, con el propósito de tener al alcance soluciones de control de plagas para ser prevenidas o evitadas mediante el uso de productos fitosanitarios.

Tabla XXI. **Ficha de recepción de semilla**

 <p>MINISTERIO DE AGRICULTURA GANADERÍA Y ALIMENTACIÓN VICEMINISTERIO DE SEGURIDAD ALIMENTARIA Y NUTRICIONAL DIRECCIÓN DE APOYO A LA PRODUCCIÓN COMUNITARIA DE ALIMENTOS CENTRO DEMOSTRATIVO DE DESARROLLO TECNOLÓGICO</p>					
FICHA DE RECEPCIÓN DE SEMILLA POR PROVEEDOR					
FECHA DE INGRESO: _____					
PROVEEDOR: _____					
RESPONSABLE DEL INGRESO Y ALMACENAMIENTO: _____					
CONTROL DE SEMILLA					
DESCRIPCIÓN	SEMILLA 1	SEMILLA 2	SEMILLA 3	SEMILLA 4	SEMILLA 5
Cuenta con ficha técnica					
Fecha de prueba					
Fecha de vencimiento					
% de germinación					
Tiempo de germinación					
Tiempo de crecimiento de la plántula					
pH óptimo					
Temperatura óptima					
Posibles enfermedades de la plántula					
Tratamientos					
Observaciones					

Fuente: elaboración propia, empleando Office 365.

La ficha técnica de cada tipo de semilla debe ser proporcionada por el proveedor la cual debe brindar información de las condiciones necesarias para su almacenamiento y sus características como pureza, fecha y porcentaje de la prueba de germinación o fecha de caducidad.

4.3.2. **Eliminación de residuos**

Para mejorar el control y la eliminación de residuos y contaminantes dentro del CDDT se propone llevar a cabo los siguientes lineamientos:

- Se deben enumerar las fuentes de contaminación y los productos de desecho producidos como resultado de los procesos de la producción de plántulas.

- Se debe implementar un plan general, actualizado y documentado, que abarque la reducción de desperdicios, el reciclaje, la disposición de residuos y la contaminación del agua, aire y suelo.
- Las instalaciones deben de contar con áreas designadas especialmente para almacenar basura y residuos. Los residuos deben ser identificados y almacenados por separado.
- Se debe disponer de lugares seguros para el almacenamiento y manejo de los productos fitosanitarios. Estos sitios deben estar señalizados y de acceso restringido.
- Se debe de contar con un croquis que identifiquen todos los lugares destinados para recolección o eliminación de residuos.

4.3.3. Eliminación de material de origen orgánico

Para la eliminación del material de origen orgánico dentro del CDDT se propone utilizar recipientes plásticos identificados de color verde y con un letrero que indique desecho orgánico, dicho material puede ser utilizado para hacer el humus de lombriz que se utiliza posteriormente para la producción de plántulas y si fuera mucho o no adecuado se procederá a llevarlo a un contenedor para la extracción de basura.

Para acelerar el proceso de biodegradación, se debe tomar en cuenta la composición bioquímica, ya que es más recomendable colocar residuos fácilmente biodegradables como el estiércol, residuos alimenticios, plantas y lodos de aguas residuales.


4.3.4. Plántulas dañadas

Las plántulas dañadas durante todo el proceso de producción deberán ser retiradas de los invernaderos por medio de recipientes debidamente identificados y deben ser analizadas si pueden ser reutilizadas para la elaboración de humus de lombriz dentro del CDDT.

Es necesario establecer un historial de pérdida de plántulas para conocer el tipo de enfermedades que han sufrido en el proceso de germinación y crecimiento o si la pérdida fue debió a otro motivo.

En la tabla XXII que se muestra a continuación se propone la ficha de mortandad de plántulas para ser implementada en el CDDT.

Tabla XXII. **Ficha de mortandad de plántulas**

		<small>MINISTERIO DE AGRICULTURA GANADERÍA Y ALIMENTACIÓN VICEMINISTERIO DE SEGURIDAD ALIMENTARIA Y NUTRICIONAL DIRECCIÓN DE APOYO A LA PRODUCCIÓN COMUNITARIA DE ALIMENTOS CENTRO DEMOSTRATIVO DE DESARROLLO TECNOLÓGICO</small>				
FICHA DE MORTANDAD DE PLÁNTULAS						
HISTORIAL DE PERDIDA DE PLÁNTULAS						
FECHA DE PERDIDA	TIPO DE SEMILLA	CANTIDAD DE PLÁNTULAS		MOTIVO DE PERDIDA	OBSERVACIONES	NOMBRE DEL RESPONSABLE
		GERMINACIÓN	CRECIMIENTO			

Fuente: Elaboración propia, empleando Office 365.

4.3.5. Uso de barreras y puertas dobles

El uso de barreras y puertas dobles dentro en los invernaderos del CDDT sirven de barrera física contra los vectores de virus, mosquita blanca, áfidos, trips, así como otros causantes de daños como los escarabajos.

En lo que más se destaca el uso de barreras y puertas dobles es que están cubiertas de malla antiáfidos, por lo que se recomienda que el estado físico de la misma sea óptimo para la seguridad e inocuidad de las plántulas dentro los invernaderos.

El lugar donde se ingresa a los invernaderos debe de tener el equipo y accesorios necesarios para su finalidad de desinfección del personal y también deberá colocarse una segunda puerta para el acceso al lugar de las camas del invernadero. En la figura 20 se muestra cómo se encuentra en la actualidad el lugar de desinfección.

Figura 20. Invernadero No. 1 del CDDT



Fuente: elaboración propia, empleando Office 365.

4.3.6. Malla antiáfidos

La malla antiáfidos es utilizada para proteger a invernaderos del ingreso de virus, funciona como una cubierta de tela que ayuda a prevenir pérdidas en las producciones, ya que evita que los causantes de daños como gusanos e insectos, entren en contacto con los cultivos. Esta innovadora herramienta ayuda a evitar grandes pérdidas económicas en producción de plántulas debido a la alta resistencia contra el viento que favorece al desarrollo de las mismas, también proporciona mayor control de luz, temperatura y humedad.

La malla antiáfidos está fabricada de monofilamentos de polietileno tejidos de alta densidad de color cristal para aprovechar al máximo la luz, estabilizada contra los rayos UV, permite el paso del aire, con una alta resistencia y durabilidad.

Los principales tipos son:

- Mallas Antiáfidos.
- Malla Antitrips.
- Malla para ventilación cenital.

Usando las mallas antiáfidos no se necesita usar cantidades altas de insecticidas, herbicidas y pesticidas. Esto supone un ahorro para la producción y además ayuda a que los cultivos no contengan elementos perjudiciales para el consumo.

4.3.7. Cultivos trampa

Los cultivos trampa son plantas que tienen feromonas que son más apetecidas que otras para ciertas plagas y se siembran cerca del cultivo principal para que la plaga se establezca primero en esta plantación sin valor y se pueda combatir o destruir sin tener pérdidas en la producción.

También se puede utilizar dentro de los invernaderos del CDDT bandas plásticas con feromonas y adherentes que ayudan a disminuir las plagas y aportan información para la detección, conteo y control de plagas existentes. Estas bandas funcionan porque el color que tienen es atrayente a las plagas, los colores más utilizados son los que se muestran en la figura 21.

Figura 21. Colores de trampas y tipo de insectos que capturan



Fuente: INFOAGRO. *Trampas Cromáticas*.

<https://www.facebook.com/infoagronomo/posts/colores-utilizados-en-trampas-para-el-manejo-integrado-de-insectos-plaga/1419126558219462/>. Consulta: 13 de septiembre de 2020.

4.3.8. Tapete sanitizante

El tapete sanitizante, como se muestra en la figura 22, es un artículo que se utiliza para evitar la propagación de suciedad y virus que se encuentran en las

suelas del calzado, el cual debe de contener una mezcla de desinfectante que debe cambiarse diariamente.

Figura 22. **Tapete sanitizante**



Fuente: DAVINCI SAS. *Tapetes Desinfección*. <https://www.davincitapetes.com/tapetes-desinfeccion/>. Consulta: el 16 de septiembre.

La mezcla de desinfectante debe de ser realizada en equivalentes de que por cada 100 ml de cloro se deben incorporar dos litros de agua.

Se deben de instalar tapetes sanitizantes en las subáreas siguientes:

- Lavado, secado y siembra en bandejas.
- Bodega.
- Cosecha y despacho de plántula.

4.3.9. Desinfección de instalaciones y equipo

Hay una variedad de formas en que las plagas pueden propagarse y diseminarse como el agua, el uso de herramientas, ropa contaminada, dejar entrar polvo al invernadero, contenedores y bandejas sucias, herramientas o

estructuras que pueden contener bacterias u hongos ocasionando así problemas posteriores.

Los invernaderos del CDDT necesitan ser lavados periódicamente para eliminar toda la suciedad generada y el polvo acumulado, con el fin de permitir el máximo ingreso de luz, el lavado debe ser con desinfectante y detergente cada tres meses con hidrolavadora y cada seis meses se debe de aplicar insecticida.

Para realizar una buena desinfección antes del lavado hay que realizar los pasos siguientes:

- Retirar todo el material vegetal.
- Proteger los equipos sensibles.
- Revisar que el suelo no tenga desnivel debido a que está formado de pedrín suelto y también que no tenga proliferación de maleza.
- Verificar que existan canales de drenaje apropiados para la correcta evacuación del agua utilizada para el lavado.
- Renovar el plástico dañado y realizar las reparaciones necesarias en la estructura del invernadero.
- Antes de aplicar el desinfectante todas las superficies deben de estar limpias de materia orgánica.

- La aplicación del desinfectante debe de ser realizada hacia atrás en dirección a la entrada del invernadero y evitar volver a contaminar zonas ya limpias.
- Lavar también las estructuras del invernadero desde el interior.
- Aplicar en el piso un herbicida para eliminar la propagación de maleza.
- Utilizar agua limpia a alta presión.
- El personal encargado deberá utilizar el EPP apropiado.
- En 24 horas después debe de realizarse otro lavado solo con agua para evitar la cristalización turbia.

Las actividades realizadas tanto de limpieza como de reparaciones deben de ser anotadas en la hoja de control fitosanitario.

4.3.10. Aplicación de pesticidas

Los pesticidas o productos fitosanitarios se definen “según la Organización Mundial de la Salud (OMS) como aquella sustancia o mezcla de sustancias destinadas a prevenir la acción de, o destruir directamente, insectos (insecticidas), ácaros (acaricidas), moluscos (molusquicidas), roedores (rodenticidas), hongos (fungicidas), malas hierbas (herbicidas), bacterias (antibióticos y bactericidas) y otras formas de vida animal o vegetal perjudiciales para la salud pública y también para la agricultura (es decir, considerados como plagas y por tanto susceptibles de ser combatidos con plaguicidas); durante la

producción, almacenamiento, transporte, distribución y elaboración de productos agrícolas y sus derivados”.²⁴

Los pesticidas deberán de utilizarse solo si es indispensable su aplicación para el control de las plagas que puedan estar presentes durante el proceso de producción de plántulas del CDDT.

Los aspectos a considerar para la utilización de productos fitosanitarios son:

- Los productos fitosanitarios son una herramienta rentable que permiten impedir o minimizar el daño que las plagas puedan ocasionar a los cultivos, afectando el rendimiento y calidad de la producción.
- La aplicación de cada producto debe respetar los límites establecidos por la etiqueta del producto y debe estar respaldada por un programa de MIP.

El manejo y uso de los productos fitosanitarios debe ser de forma responsable desde su desarrollo, ciclo comercial, transporte, uso en el campo y eliminación del envase vacío.

Todos los productos utilizados deben estar registrados y aprobados por el Ministerio de Ambiente en nuestro país. “Se deben adquirir en sus envases originales, con etiquetas y marbetes en perfectas condiciones, donde se indique el número de lote, número de registro, fecha de vencimiento, composición y banda toxicológica. En todos los casos se debe respetar las dosis, momentos de

²⁴ PREVENCOM. *Que son los fitosanitarios*. [http://prevencom.es/fitosanitarios/#:~:text=El%20producto%20fitosanitario%20o%20plaguicida,\(rodenticidas\)%2C%20hongos%20fungicidas](http://prevencom.es/fitosanitarios/#:~:text=El%20producto%20fitosanitario%20o%20plaguicida,(rodenticidas)%2C%20hongos%20fungicidas). Consulta: 10 de octubre de 2020.

aplicación adecuados y el período de carencia como lo indica la etiqueta del producto”.²⁵

Los productos fitosanitarios deben de estar guardados en un armario seguro, por ejemplo, el que se muestra en la figura 23, que este destinado únicamente para ese fin, que tenga cerradura, la cubierta y el suelo deben ser impermeables, con una capa de aislante térmico, fácil de limpiar, con ventilación, alejado de agua, separado de oficinas, de material vegetal y de los alimentos. El CDDT debe contar con pictogramas de seguridad, procedimientos, teléfonos de emergencia y tipo de EPP apropiado para la persona que manipulara el producto fitosanitario.

Figura 23. **Armario para productos fitosanitarios**



Fuente: HALÉCO. *Almacenamiento de Sustancias Peligrosas con Seguridad.*

<http://www.haleco.es/producto/045-832-07-armario-de-seguridad-para-productos-fitosanitarios/>.

Consulta: el 10 de octubre 2020.

Los productos fitosanitarios deben de ser guardados en posición vertical, bien cerrados y con el cierre hacia arriba, los envases deben tener la etiqueta

²⁵ PREVENCOM. *Que son los fitosanitarios.* [158](http://prevencom.es/fitosanitarios/#:~:text=El%20producto%20fitosanitario%20o%20plaguicida,(rodenticidas)%2C%20hongos%20(fungicidas. Consulta: 10 de octubre de 2020.</p></div><div data-bbox=)

original legible y en buenas condiciones. Si no se utiliza todo su contenido el resto del producto deberá conservarse en el mismo envase, con el tapón cerrado. También debe de tenerse dentro del armario las hojas técnicas de cada uno de los productos fitosanitarios.

En la etapa de aplicación a las plántulas debe de realizarse con mucha responsabilidad ya que es el momento donde se produce la liberación del químico al medio ambiente y aumenta el riesgo de intoxicación de la persona que lo está manipulando y de contaminación en la población.

Para asegurar la protección de los cultivos ante la exposición de productos fitosanitarios se presentan las siguientes recomendaciones:

- Establecer un lugar específico para la preparación de la mezcla.
- Las etiquetas de los productos fitosanitarios deben ser leídas detenidamente con el propósito de tener los cuidados necesarios para el manejo, uso previo y posterior a su aplicación.
- Utilizar siempre el EPP mediante el cual se disminuye considerablemente el nivel de exposición a los productos.
- El agua a utilizar para la preparación de la mezcla debe de estar limpia.
- Contar con la maquinaria adecuada y correctamente calibrada para la aplicación a fin de evitar derrames.

- Antes y durante la aplicación de los productos tener presente las condiciones ambientales ideales de aplicación las cuales son humedad relativa mayor al 50 % y temperatura no mayor de 25 °C.
- Aplicar siempre con la dirección del viento contraria a la fluidez del agua, cultivos sensibles, viviendas, explotaciones productivas, hospitales, escuelas, entre otros.
- No se debe fumar, mascar chicle, ni comer durante la manipulación.
- Realizar el lavado de los envases al finalizar su contenido con enjuagues de cada uno como mínimo tres veces antes de su inutilización y disposición final.
- Los envases vacíos deben ser lavados y entregados en un centro de acopio.
- Al finalizar la aplicación el EPP debe ser lavado con agua y detergente neutro, separado de la ropa de uso diario. El lugar utilizado para esta actividad debe ser seleccionado de acuerdo con la legislación aplicable vigente y deben existir registros que evidencien lo realizado.
- El agua de lavado de envases y del EPP se debe verter en un tanque de captación, independientemente si el método de enjuague aplicado es automático o manual.
- El tanque de captación se debe ubicar en un lugar que reduzca al mínimo el riesgo de contaminación al medio ambiente, cauces de agua, flora y fauna, entre otros.

- El caldo sobrante del tratamiento y los residuos de lavados de los envases deben ser aplicados sobre un área del cultivo que no haya sido tratada o sobre tierras destinadas al barbecho.

En cuestión de derrames o pérdidas considerar lo siguiente:

- Los animales y las personas deben ser alejadas.
- El uso de ropa protectora es indispensable para controlar el derrame.
- En caso necesario dar aviso a autoridades locales, como, por ejemplo, bomberos, policías, funcionarios municipales, entre otros.
- Utilizar arena o tierra para absorber el líquido derramado.
- Si la ropa de trabajo se contamina debe cambiarse inmediatamente.

Es indispensable la continua capacitación de todas las personas que laboran en el CDDT de la manipulación, del uso apropiado y de las medidas de seguridad en caso de emergencia, así como también, de primeros auxilios, lectura de la etiqueta de productos fitosanitarios y hoja de datos de seguridad.

En el caso de encontrarse con un producto que este próximo a vencerse, el encargado de producción debe reportarlo al encargado de CDDT para que el producto sea retirado de forma segura de las instalaciones.

En el CDDT deben llevar registros de los productos fitosanitarios que son utilizados en caso de contar con algún organismo nocivo que afecte el rendimiento de producción de plántulas y que también garantice el control del

buen usos y manipulación de los mismos, por lo cual se propone llevar el registro en la ficha de control de productos fitosanitarios que se muestra en la tabla XXIII.

Tabla XXIII. **Ficha de control de productos fitosanitarios**

 MINISTERIO DE AGRICULTURA GANADERÍA Y ALIMENTACIÓN VICEMINISTERIO DE SEGURIDAD ALIMENTARIA Y NUTRICIONAL DIRECCIÓN DE APOYO A LA PRODUCCIÓN COMUNITARIA DE ALIMENTOS CENTRO DEMOSTRATIVO DE DESARROLLO TECNOLÓGICO						
FICHA DE CONTROL PRODUCTOS FITOSANITARIOS						INVERNADERO No. _____
NOMBRE DEL PRODUCTO: _____						
PROVEEDOR: _____						
FECHA DE INGRESO: _____				FECHA DE VENCIMIENTO: _____		
RESPONSABLE DEL INGRESO Y ALMACENAMIENTO: _____						
CONTROL DE FERTILIZANTE Y PRODUCTO FITOSANITARIO						
FECHA	CANTIDAD DISPONIBLE	CANTIDAD UTILIZADA	CULTIVO APLICADO	PLAGA A COMBATIR	RESPONSABLE DE LA APLICACIÓN	OBSERVACIONES
CONTROL DE EXCEDENTES DE FERTILIZANTE Y PRODUCTOS FITOSANITARIOS						
FECHA	CANTIDAD EXEDENTE (ml)	RESPONSABLE	OBSERVACIONES			

Fuente: elaboración propia, empleando Office 365.

4.3.11. Evitar riegos pesados

Es importante reconocer que dentro de las instalaciones del CDDT no se tiene control ni registros de la calidad del agua que se utiliza para el riego de las plántulas, por lo que se propone que se realice un análisis para conocer las características del agua y de ser necesario repetirlo cada quince días, dependiendo de los resultados y del tratamiento que se requiera para tener las condiciones adecuadas o básicas para la buena producción.

Los parámetros que determinan la calidad del agua de riego se dividen en tres clases:

- Químicos: materias orgánicas, nutrientes, alcalinidad, metales y dureza.
- Físicos: apariencia, sabor, olor y aceptabilidad del agua de una manera general.
- Biológicos: nivel de calidad de los organismos que viven en el medio acuático.

En la figura 24 se describen los valores normales que debe de proporcionar un análisis de agua utilizada para riego de cultivos.

Figura 24. **Valores normales de parámetros en agua de riego**

Parámetros	Simbolo	Unidad	Valores normales en aguas de riego
SALINIDAD			
Contenido en sales			
Conductividad eléctrica	CE _a	dS/m	0 – 3
Total sólidos en solución	TSD	mg/l	0 – 2000
Cationes y aniones			
Calcio	Ca ²⁺	meq/l	0 – 20
Magnesio	Mg ²⁺	meq/l	0 – 5
Sodio	Na ⁺	meq/l	0 – 40
Carbonatos	CO ₃ ²⁻	meq/l	0 – 0'1
Bicarbonatos	HCO ₃ ⁻	meq/l	0 – 10
Cloro	Cl ⁻	meq/l	0 – 30
Sulfatos	SO ₄ ²⁻	meq/l	0 – 20
NUTRIENTES			
Nitrato-nitrógeno	NO ₃ -N	mg/l	0 – 10
Amonio-nitrógeno	NO ₄ -N	mg/l	0 – 5
Fosfato-fósforo	PO ₄ -P	mg/l	0 – 2
Potasio	K ⁺	mg/l	0 – 2
VARIOS			
Boro	B	mg/l	0 – 2
Acidez o basicidad	pH	1-14	6 – 8'5
Relación de absorción de sodio	RAS	meq/l	0 - 15

Fuente: MONJE Miguel. *Calidad del Agua de Riego*. <https://www.iagua.es/blogs/miguel-angel-monge-redondo/interpretacion-analisis-agua-riego>. Consulta: 18 de octubre de 2020.

Entre los aspectos relacionados con la calidad del agua de riego se pueden mencionar los siguientes:

- Un alto nivel de sales en el agua de riego reduce la cantidad de agua efectiva para el cultivo.
- La tolerancia de salinidad varía según el tipo de plántulas y por lo tanto hay reducción de rendimiento de germinación.
- Si los niveles de SAR son altos podrían provocar daño en la estructura del suelo y provocaría infiltración de agua.
- Las plantas tienden a tener toxicidad como resultado de la acumulación de un ion específico en las hojas. Los iones más comunes son el cloruro, sodio y boro.
- El boro es un nutriente esencial en el crecimiento de la plántula, pero se debe de tenerse cuidado en su manejo ya que provoca toxicidad.
- El pH del agua indica la acidez y la alcalinidad de la misma.
- La alcalinidad del agua es una medida de la capacidad del agua de resistir a cambios repentinos en el pH, si esta es baja la adición de los fertilizantes ácidos inmediatamente bajaran el pH del agua.
- El agua puede tener deficiencia de nutrientes si su pH es demasiado alto.
- El pH del agua será mejor si la concentración de los iones de hidrogeno es mayor.

- La dureza del agua está determinada por la cantidad que contiene de calcio y magnesio, lo cual afecta en toxicidad si no se cuenta con los niveles apropiados.

En el CDDT se debe de contar con un kit de análisis de agua como por ejemplo el que se muestra en la figura 25, con el propósito de realizar un análisis quincenal de plomo, bacterias, pesticidas, hierro, cobre, alcalinidad, pH, dureza, cloro, nitratos y nitritos.

Figura 25. **Kit para análisis de agua**



Fuente: ASSURED. *Kit de análisis de agua completo con medidor TDS*
<https://www.amazon.com/-/es/Kit-an%C3%A1lisis-agua-completo-medidor/dp/B01EUUDFOO>.

Consulta: 20 de octubre de 2020.

4.3.12. Equipo de protección personal

Para realizar las diversas actividades en el área de producción de plántulas del CDDT es importante que todo el personal cuente con el EPP, que es un conjunto de aparatos y accesorios que se utilizan como una barrera protectora entre diferentes partes del cuerpo y el peligro de accidentes. Dentro del equipo general requerido se necesita lo siguiente:

- Botiquín de primeros auxilios.

- Redecillas.
- Anteojos que tengan un visor panorámico.
- Mascaras faciales con un visor plástico de 200 mm.
- Guantes de policloruro de vinilo y neopreno.
- Botas de hule y botas de caña alta con puntera reforzada, suela gruesa y antideslizante.
- Mamelucos para manipulación de productos fitosanitarios y para la limpieza de los equipos, herramientas y maquinarias utilizadas.
- Protector para la cabeza, sombrero caso, gorra y capucha.
- Gabacha plástica o delantales de PVC el cual debe cubrir la parte delantera del cuerpo desde el cuello hasta las rodillas.
- Mascarillas desechables para manejo de productos en polvo o no tóxicos.
- Mascarilla de filtro para productos tóxicos.
- Regadera de emergencia.
- Orejeras o tapones para oídos para ser utilizados en ambientes con ruidos por encima de los límites técnicos establecidos.

- El uso de EPP para el manejo de productos fitosanitarios debe regirse por lo especificado en la etiqueta del producto.

Los EPP de trabajo deben de ser:

- Utilizados por la misma persona.
- Confortables.
- Conservados en condiciones adecuadas.
- Higienizados luego de su uso.
- Laados por aparte de la ropa normal.
- Descartados los que estén dañados.
- Guardados por separado.

La implementación del uso del EPP debe corresponder a lo establecido en el Acuerdo Gubernativo No. 229 - 2 014, que regula las condiciones generales de higiene y seguridad de los trabajadores, con el propósito de proteger la vida, salud e integridad corporal.

4.3.13. Pediluvio

Se llama pediluvio a la acción de caminar sobre fosas para el lavado y desinfección del calzado previo a ingresar a un lugar de producción para evitar el ingreso de contaminantes microbiológicos o físicos como tierra, piedra y polvo.

Contienen soluciones líquidas o secas, “hay tres que se consideran efectivas: el amonio cuaternario, el hipoclorito de sodio y una solución de una parte de cloro por cinco de agua”.²⁶

Se recomienda que en el CDDT se instalen pediluvios en las entradas de los invernaderos y en la subárea de germinación, por ejemplo, el que se muestra en la figura 26, y para su uso adecuado deberán realizarse las siguientes actividades:

- Limpiar el calzado con un cepillo, antes de ser sumergido en el pediluvio.
- Utilizar el pediluvio antes de entrar al invernadero y cuando se mueva de un invernadero a otro.
- Quitar el exceso de desinfectante por medio de una alfombra seca colocada a continuación de pediluvio.
- Cambiar el desinfectante a diario.

Figura 26. **Pediluvio**



Fuente: J&D MANUFACTURING. *Recipiente para pediluvio para Invernadero*.
<https://www.agriexpo.online/es/prod/j-d-manufacturing/product-177206-27742.html>. Consulta: 22 de octubre de 2020.

²⁶ Diario el Comercio. *Claves para el uso de la bandeja de desinfección de calzado*.
<https://www.elcomercio.com/tendencias/claves-bandeja-desinfeccion-calzado-coronavirus.html>.
Consulta: 22 octubre de 2020.

4.4. Apoyo al personal

Para el mejoramiento continuo dentro del CDDT es importante tener en cuenta las necesidades que el personal pueda tener dentro de las diferentes subáreas de trabajo, ya que esto motivará al personal y se sentirá valorado porque es tomado en cuenta. Las necesidades y requerimientos deberán ser analizados por las personas responsables de toma de decisiones.

Con esto se pueden obtener mejores resultados ya que el canal de comunicación abierto en doble vía hará que el ambiente de trabajo sea más agradable y se tendrá una mayor identificación y compromiso del personal hacia la institución a la cual representan con mucho orgullo.

Si se logran los resultados deseados se obtendrá a un corto o mediano plazo el cumplimiento de los objetivos o metas del CDDT, también se logrará una mayor productividad en relación a los insumos, mano de obra y responsabilidad de parte del personal.

4.4.1. Capacitaciones programadas en las áreas de trabajo

Para llevar a cabo este tipo de programación se debe de realizar un programa de capacitación anual para el personal que labora en el CDDT, con el fin de proporcionarles el conocimiento y las herramientas tecnológicas para que ellos posteriormente puedan impartir cursos o talleres a representantes de comunidades y establecimientos educativos a nivel nacional y con ello hacer más palpable el cumplimiento de la visión y los objetivos del DAPCA.

Para esto se debe de realizar una alianza estratégica con el Instituto Técnico de Capacitación y Productividad (INTECAP) u otras entidades públicas,

privadas o extranjeras que se dediquen a impartir aprendizaje al recurso humano ya que se deberá de capacitar sobre temas de nuevas tecnologías, así como también, reforzar los temas que requieran más conocimiento, esto ayudara a la optimización de los recursos materiales, económicos, naturales y humanos dentro de la institución y específicamente del CDDT.


Esto será de gran beneficio para el MAGA porque tendría personal más calificado y comprometido con los ideales del Ministerio.

4.4.2. Hoja de registro e identificación del personal inscrito para la capacitación de las BPA

La capacitación sobre el uso de la BPA debe ser obligatorio tanto para el personal como para los beneficiarios con la intención de tener un mejor alcance en base a resultados y optimización de los recursos de la institución y también para las personas que harán uso del programa.

Las capacitaciones a beneficiarios se realizan en dos modalidades, la primera es realizada en las comunidades teniendo apoyo de los representantes comunitarios y autoridades locales y la segunda es realizada en el CDDT. En la tabla XXIV se propone una ficha que proporcione información de las capacitaciones realizadas en las instalaciones el CDDT ya que actualmente no se cuenta con un registro de esta actividad.

Tabla XXIV. **Ficha de capacitaciones impartidas en CDDT**

		MINISTERIO DE AGRICULTURA GANADERÍA Y ALIMENTACIÓN VICEMINISTERIO DE SEGURIDAD ALIMENTARIA Y NUTRICIONAL DIRECCIÓN DE APOYO A LA PRODUCCIÓN COMUNITARIA DE ALIMENTOS CENTRO DEMOSTRATIVO DE DESARROLLO TECNOLÓGICO FICHA DE CAPACITACIÓN				
		TEMA: _____ NOMBRE DEL INSTRUCTOR: _____			FECHA: _____	
No.	NOMBRE	No. DE DPI	ENTIDAD	GENERO	ETNIA	FIRMA / HUELLA

Fuente: elaboración propia, empleando Office 365.

5. SEGUIMIENTO PARA LA MEJORA CONTINUA EN LA PRODUCCIÓN DE PLANTULAS EN EL CDDT

Para mejorar la calidad de un producto o servicio es necesario establecer un plan estratégico de gestión de calidad, desde el puesto de trabajo de nivel más alto al nivel más bajo con el propósito de establecer una cultura de mejora continua que este comprometida a mejorar la eficiencia de producción.

La gestión de calidad está definida en cuatro fases las cuales son:

- Planificar la calidad deseada.
- Establecer controles de la calidad.
- Verificación de logro de la calidad deseada.
- Mejora continua de la calidad.

Al tener establecida la calidad esperada es preciso identificar las acciones de mejora continua que se requieren implementar en los procesos de producción.

Cuando se realiza la mejora continua en los diferentes tipos de procesos se lleva a cabo algún tipo de cambio en la actividad o actividades, así como en los diferentes métodos de transformación en que los elementos de entrada son transformados y conllevan a diversos elementos de salida por medio de algún tipo o clase de trabajo, actividad o función.

Los beneficios de aplicar una metodología de mejora continua a la empresa son múltiples, por lo que se pueden nombrar algunos:

- Hay mejor aprovechamiento de los equipos de trabajo.
- Empresas con una mejor producción.
- Se reducen los costos de producción.
- Reducción de tiempos de ejecución.
- Los procesos son más eficientes.
- Minimizar o eliminar errores.
- Resultados cada vez mejores.
- Productos y servicios mejor enfocados al cliente final.
- Mejor motivación del personal.

Los requisitos principales para la implementación de mejora continua son:

- Los resultados que se quieren obtener tienen que ser medibles.
- Debe existir retroalimentación de la información obtenida entre cada involucrado en la implementación.

- La alta dirección debe de brindar apoyo a las acciones que se necesiten realizar.
- La responsabilidad y las funciones del equipo de mejora continua tiene que estar bien determinadas.
- Las herramientas y tecnología utilizada deben ser la adecuada.
- Todas las personas que participan en la implementación tienen que tener cultura de transparencia y de trabajo en equipo.

“Mientras elaboramos el plan de mejora continua, tenemos que tener claros ciertos principios básicos como el que si trabajamos con datos erróneos, saldrán datos erróneos; asume que la mejora no tiene límites y que siempre podrás optimizar más tus procesos; si fomentas una cultura en tu empresa de mejora continua, todo llevará a encontrar una mayor calidad en los resultados; siempre confía en ello, pero siempre verifícalo; y recuerda: un lugar para cada cosa, y cada cosa en su lugar”.²⁷

5.1. Herramientas para conseguir la mejora continua:

El mejorar continuamente consiste en contar con una herramientas o métodos para controlar, supervisar, documentar e intervenir en los procesos cuando sea necesario, sin esperar perdidas en la producción para realizar cambios, entre las herramientas utilizadas para este propósito se pueden mencionar:

²⁷ OLVERA, Luisa. *Cómo crear un plan de aseguramiento de calidad*. <https://luisaolvera.com/cmo-crear-un-plan-de-aseguramiento-de-calidad/>. Consulta: 16 de marzo 2021.

- El ciclo Deming (PHVA): es un modelo de mejora continua que tiene relación de gestión de calidad con las normas ISO 9001, sus siglas significan: planificar, hacer, verificar y actuar, que son actividades básicas de cualquier proceso de mejora continua. El ciclo PHVA no tiene un punto final, en el momento de tener el resultado deseado, se reinicia con un nuevo punto de mejora, para utilizar esta herramienta se deben definir indicadores para que sean medibles con los logros obtenidos.
- Los 5 porqués: este método es utilizado para conocer las causas por las que se generó un problema por medio de responder preguntas para conocer la causa y el efecto que crea un problema, las preguntas se realizan de forma escalonada analizando la primera causa detectada hasta llegar a descubrir la causa original que origino el problema para establecer soluciones asertivas.
- Estratificación: cuando se presenta un problema se utiliza esta herramienta para realizar una separación de la información obtenida según los factores identificados como los causantes del problema dando como resultado el aislamiento de las causas del problema para resolverlos por separado. Esta herramienta permite priorizar la mejora en los procesos que más lo requieran.
- Lean Manufacturing: el método Lean está enfocado a la mejora continua de utilización de los recursos de fabricación con el fin de obtener los productos que desean los clientes. El objetivo es eliminar las actividades que provocan costos y desperdicios que no tienen ningún efecto en la calidad del producto.

- Design For Six Sigma: este método se utiliza cuando se lanza un nuevo producto o servicio para que garantice la calidad y la aceptación en los clientes. Las etapas de este método son: definición, medición, análisis, optimización y verificación de los resultados.
- Diagrama de afinidad: este método es más utilizado en procesos grandes o complejos y su característica es que a través de un diagrama de afinidad de información, datos o ideas, se tengan un mejor análisis de la situación que provocó un mal resultado, la afinidad se clasificara tomando en cuenta la relación entre sí de las ideas o situaciones identificadas como problema.

La mejora continua proporciona a los empleados una actitud y conciencia positiva para no dejar de avanzar y ser más competitivos, esto significa que el equipo de trabajo se sentirá importante y motivado en el proceso de mejora continua.

Los pasos para elaborar un plan de mejora continua son los siguientes:

- Identificación de las áreas de mejora: la clave para obtener resultados positivos, con la implementación de un plan de mejora continua, es la correcta identificación de las áreas que necesitan mejorar, lo cual se logra durante el proceso de evaluación de los procesos, identificando como superar las debilidades por medio de fortalezas.
- Detectar las principales causas del problema: cuando se tiene definitiva el área a mejorar se procede a determinar cuál es la causa originar que genero el problema.

- Formulación del objetivo: deben de redactarse los objetivos que se desean alcanzar de forma realista, estimar un tiempo prudente para su cumplimiento, flexibles a modificación ante situaciones no previstas y escritas en forma clara.
- Selección de las acciones de mejora: corresponde a la realización de un listado de todas las acciones que se deben de efectuar para alcanzar el objetivo establecido, luego se ponderan para conocer cuáles son las más apropiadas, la cantidad de acciones a realizarse dependerá de la complejidad del problema.
- Realizar una planificación y seguimiento: para elaborar una planificación de implementación de mejoras es indispensable conocer las restricciones que limitan la ejecución de algunas acciones ya que debido a esto puede causar que las acciones se condicionen, pospongan o no sean ejecutadas. Los elementos a considerar para la elaboración del plan de implementación de acciones correctivas es la dificultad, el periodo, la prioridad, el impacto a obtener, la persona responsable, el recurso necesario y el financiamiento.
- Seguimiento del plan de mejoras: para realizar un plan de mejora continua es necesario incluir información de los elementos que permitirán realizar seguimiento de la ejecución del plan, por medio de un cronograma ordenado donde se indique el periodo de tiempo establecido para la implementación de las acciones correctivas.

5.2. Propuesta de mejora continua en el CDDT.

Con el propósito de mejorar el proceso de producción de plántulas en el CDDT se sugiere la implementación de la subárea de cámara de germinación y la subárea de cosecha de plántulas. También se propone que se incluya el proceso de lavado de cajas plásticas que son utilizadas para el transporte de las plántulas ya que por la falta de ejecución de esta actividad se contaminan las plántulas con agentes patógenos.

El objetivo que se quiere alcanzar con la subárea de cámara de germinación es que el tiempo de germinación de la semilla sea más corto y que se pueda beneficiar a más guatemaltecos con este tipo de insumo para la implementación de huertos. La construcción de la subárea de cosecha de plántulas es con el objetivo de tener un lugar apropiado y específico para que se realice esta actividad.

Las sugerencias para la mejora de producción de plántulas en CDDT se describen en los siguientes párrafos.

5.2.1. Programación de Siembra

- Mejorar el programa de Excel para minimizar el tiempo de recepción de la semilla.
- Adquisición de nuevas balanzas digitales para el pesado de la semilla ya que las actuales, por su tiempo de uso necesitan calibración constantemente.

Las operaciones a mejorar para este proceso se muestran en el siguiente diagrama de flujo, tabla XXV.

Tabla XXV. **Diagrama de flujo propuesto del proceso de programación de siembra**

Proceso:		Producción de Plántulas		Fecha:	15/02/2021		Elaborado por: Selgry Natory Solano Morales			
Diagrama No. 1		Actividad		Actual		Propuesto		Economía		
Página de 1 a 1				Cant	Tiempo	Cant	Tiempo	Cant	Tiempo	
Actividad:		Operación		2	44,88	2	24,25	0	19,25	
Programación de siembra		Transporte		0	0	0	0	0	0	
		Espera		0	0	0	0	0	0	
Tipo de Diagrama		Inspección		0	0	0	0	0	0	
Material		Almacenamiento		1	0	1	0	0	0	
Operativo	X	Distancia Total			0		0		0	
Método	Actual	Tiempo Total			44,88		24,25		20,63	
	Propuesto	X								
Descripción		○	⇒	□	▽	Distancia (metros)	Tiempo (minutos)	Observaciones		
1	Recepción de solicitud y semilla	● ¹	⇒	□	▽	N/A	3,50	Carta de Solicitud		
2	Programación de siembra	● ²	⇒	□	▽	N/A	20,75	Documento excel		
3	Almacenaje de semilla	○	⇒	□	▽	N/A				

Fuente: elaboración propia, empleando Office 365.

5.2.2. Lavado de 12 bandejas para siembra de plántulas

- Implementación de una bodega en la subárea de Lavado, secado y siembra en bandejas para almacenaje de bandejas plásticas, *Peat Moss*, semilla y cajas plásticas de traslado de plántulas.
- Antes de ser desinfectadas las bandejas plásticas debe de realice las actividades de cepillado e inspección en la mismas.

En la tabla XXVI se muestra la propuesta de diagrama de flujo de este proceso.

Tabla XXVI. Diagrama de flujo propuesto del proceso lavado de 12 bandejas para siembra de plántulas

Proceso:		Producción de Plántulas		Fecha:	15/02/2021		Elaborado por: Selgry Natory Solano Morales			
Diagrama No. 2		Actividad		Actual		Propuesto		Economía		
Página de 1 a 1				Cant	Tiempo	Cant	Tiempo	Cant	Tiempo	
Actividad:	Lavado de 12 bandejas para siembra de plántulas	Operación		6	63,21	7	56,04	-1	7,17	
		Transporte		1	0,76	0	0,00	1	0,76	
		Espera		0	0	0	0	0	0	
Tipo de Diagrama	Material	Inspección		1	0,31	1	1,66	0	-1,35	
	Operativo	Almacenamiento	X	1	0	1	0	0	0	
Método	Actual	Distancia Total			34		0		34	
	Propuesto	Tiempo Total	X		64,28		57,7		6,58	
Descripción		○	➡	D	□	▽	Distancia (metros)	Tiempo (minutos)	Observaciones	
1	Recepción de bandejas	3	➡	D	□	▽	N/A	0,86	Bandejas plásticas	
2	Llenado de pila	4	➡	D	□	▽	N/A	5,33	Agua potable	
3	Cepillado de bandejas	5	➡	D	□	▽	N/A	6,2	Cepillo curvo PBT con mango	
4	Inspección de cepillado	1	➡	D	□	▽	N/A	1,66		
5	Desinfección de bandejas	6	➡	D	□	▽	N/A	10,00	Cloro	
6	Lavado de bandejas a presión	7	➡	D	□	▽	N/A	1,73	Agua potable	
7	Secado de bandejas	8	➡	D	□	▽	N/A	30,00		
8	Embalaje	9	➡	D	□	▽	N/A	1,92	Bolsas de nylon	
9	Almacenaje de bandejas	2	➡	D	□	▽	N/A			

Fuente: elaboración propia, empleando Office 365.

5.2.3. Lavado de Caja Plástica para transporte de plántulas

- Implementar este proceso ya que actualmente no se realiza la limpieza y desinfección a las cajas plásticas que son utilizadas para el traslado de las plántulas hacia los beneficiarios.
- Construcción de una pileta para la desinfección de las cajas plásticas.

Las actividades a realizar se presentan en el diagrama de flujo de la tabla XXVII.

Tabla XXVII. Diagrama de flujo propuesto del proceso lavado de caja plástica para transporte de plántulas

Proceso:		Producción de Plántulas		Fecha:	15/02/2021		Elaborado por: Selgry Natory Solano Morales		
Diagrama No. 3		Actividad		Actual		Propuesto		Economía	
Página de 1 a 1				Cant	Tiempo	Cant	Tiempo	Cant	Tiempo
Actividad:		Operación		0	0	7	52,13	-7	-52,13
Lavado de caja plástica para transporte de plántulas		Transporte		0	0	0	0,00	0	0
		Espera		0	0	0	0	0	0
Tipo de Diagrama	Material	Inspección		0	0	1	0,21	-1	-0,21
	Operativo	Almacenamiento		0	0	1	0	-1	0
Método	Actual	Distancia Total		0	0	0	0	0	0
	Propuesto	Tiempo Total		0	0	52,34	52,34	-52,34	-52,34
Descripción		○	⇒	D	□	▽	Distancia (metros)	Tiempo (minutos)	Observaciones
1	Recepción de caja plásticas	10	⇒	D	□	▽	N/A	1,1	Caja plástica
2	Llenado de pileta	11	⇒	D	□	▽	N/A	9,37	Agua potable
3	Cepillado de caja plástica	12	⇒	D	□	▽	N/A	1,22	Cepillo curvo PBT con mango
4	Inspección de cepillado	2	⇒	D	□	▽	N/A	0,21	
5	Desinfección de la caja plástica	13	⇒	D	□	▽	N/A	10,00	Cloro
6	Lavado de caja plástica a presión	14	⇒	D	□	▽	N/A	0,26	Agua potable
7	Secado	15	⇒	D	□	▽	N/A	30,00	
8	Embalaje	16	⇒	D	□	▽	N/A	0,18	Bolsas de nylon
9	Almacenaje de cajas plástica	3	⇒	D	□	▽	N/A		

Fuente: elaboración propia, empleando Office 365.

5.2.4. Preparación de sustrato

- Trasladar el área de abono orgánico, donde se prepara el humus de lombriz, que está ubicado a 24 m, a un lugar más cercano. En el CDDT se cuenta con espacio para su implementación a 3 m de la subárea de lavado, secado y siembra en bandeja.
- En la subárea descrita anteriormente también se sugiere que se almacene el *Peat Moss*.

- Los complementos como el humus el *Peat Moss*, humus de lombriz y agua deberán ser medidos y pesados ya que en la actualidad solo se realiza al cálculo.

En siguiente tabla XXVIII se describe el diagrama de flujo propuesto para el proceso de preparación de sustrato.

Tabla XXVIII. **Diagrama de flujo propuesto del proceso preparación de sustrato**

Proceso:		Producción de Plántulas		Fecha:	20/10/2020		Elaborado por: Selgry Solano		
Diagrama No. 4		Actividad		Actual		Propuesto		Economía	
Página de 1 a 1				Cant	Tiempo	Cant	Tiempo	Cant	Tiempo
Actividad:		Operación		2	1,65	4	1,65	-1	0
Preparación de Sustrato		Transporte		1	0,76	1	0,22	0	0,54
		Espera		0	0	0	0	0	0
Tipo de Diagrama		Inspección		0	0	0	0	0	0
Material		Almacenamiento		0	0	0	0	0	0
Operativo	X								
Método		Distancia Total			34		3		31
Actual		Tiempo Total			2,41		1,87		0,54
Propuesto	X								
Descripción		○	⇒	D	□	▽	Distancia (metros)	Tiempo (minutos)	Observaciones
1	Pesado de Humus de Lombriz	17	⇒	D	□	▽	N/A	0,36	Humus de lombriz
2	Traslado de humus de lombriz	18	⇒	D	□	▽	3	0,22	Traslado de humus de lombriz
3	Pesado de <i>Peat Maos</i>	18	⇒	D	□	▽	N/A	0,53	Peat Maos
4	Medición de Agua	19	⇒	D	□	▽	N/A	0,26	Agua potable
5	Preparación del sustrato de germinación	20	⇒	D	□	▽	N/A	0,5	

Fuente: elaboración propia, empleando Office 365.

5.2.5. Producción de 200 plántulas

- Almacenar la semilla y las cajas plásticas para transporte de plántulas en la bodega a construir en el área de lavado, secado y siembra en bandejas, para que la distancia a recorrer para su traslado se minimice.

- Utilizar la herramienta de plantación llamada dispensador de semilla para reducir el tiempo de colocar las semillas en las bandejas plásticas.
- Implementación de una cámara de germinación.
- Construcción de una subárea de cosecha de plántulas.

A continuación, se describen las operaciones de este proceso en el diagrama de flujo de la tabla XXIX

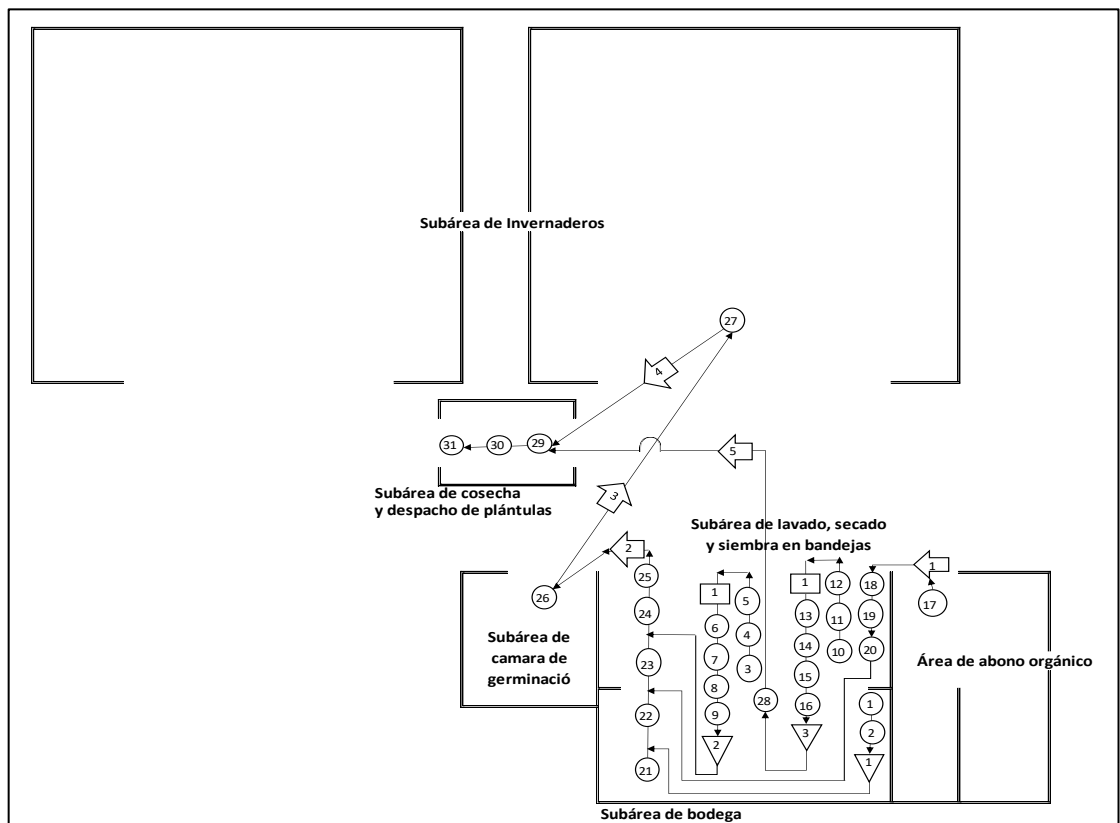
Tabla XXIX. Diagrama de flujo propuesto del proceso de siembra y cosecha de 200 plántulas

Proceso: Producción de Plántulas		Fecha:	15/02/2021		Elaborado por: Selgry Natory Solano Morales			
Diagrama No. 5		Actual		Propuesto		Economía		
Página de 1 a 1		Cant	Tiempo (min)	Cant	Tiempo	Cant	Tiempo	
Actividad:		Operación	11	43 218,32	11	33 138,14	0	10 080,18
Producción de 200 plántulas		Transporte	5	6,69	4	3,25	1	1,44
Tipo de Diagrama		Espera	0	0	0	0	0	0
Material		Inspección	0	0	0	0	0	0
Operativo	X	Almacenamiento	0	0	0	0	0	0
Método	Actual	Distancia Total		132		41		91
	Propuesto	Tiempo Total		43 223,01		33 141,39		10 081,62
Descripción				Distancia (metros)	Tiempo (minutos)	Observaciones		
1	Recepción de programación de siembra	21	→	N/A	4,04	Escribir programación en pizarra		
2	Recepción de semilla	22	→	N/A	1,06	Semilla		
4	Recepción del sustrato de germinación	23	→	N/A	0,15	Sustrato de germinación		
6	Llenado de bandeja con sustrato de germinación	24	→	N/A	0,42	Bandeja plástica		
7	Colocar semilla con semillero y luego colocar mas sustrato	25	→	N/A	4			
8	Traslado de bandejas a camara de germinación	26	→	5	0,37			
9	Germinación de la semilla	26	→	N/A	11520			
8	Traslado de bandejas a invernadero	27	→	14	1,07			
9	Riego, fertilización y controles fitosanitarios	27	→	N/A	21600	Agua potable y fertilizante		
10	Traslado de bandejas para la cosecha	28	→	6	0,45			
11	Recepción de caja plastica para despacho de plántulas	28	→	N/A	0,18	Caja plástica		
12	Traslado de caja plástica para despacho de plántulas	29	→	16	1,36			
13	Preparación de la caja plástica para despacho de plántulas	29	→	N/A	1,23			
14	Cosecha de plántulas y colocarlas en la caja plástica	30	→	N/A	4,01			
16	Despacho	31	→	N/A	3,05			

Fuente: elaboración propia, empleando Office 365.

Con la implementación de las mejoras en las operaciones desde la preparación del sustrato hasta cosecha de plántulas, se tendría una reducción de 10 082,16 minutos, lo que equivale a 7 días. En la siguiente figura 27 se muestra el Diagrama de Recorrido propuesto donde se reducen las distancias a recorrer para realizar las actividades de producción, así como también la propuesta de implementación de las nuevas subáreas.

Figura 27. **Diagrama de recorrido del proceso de producción de plántulas**



Fuente: elaboración propia, empleando Office 365.

5.3. Propuesta para el diseño del sistema de análisis de riesgos y puntos críticos.

Para el desarrollo de la propuesta del sistema HACCP, se procederá a realizar una evaluación metódica en los todos procesos necesarios para la producción de plántulas que se desarrollan en el invernadero de CDDT. Esta propuesta proporcionará una metodología que ayudara a reducir o evitar los peligros asociados a la producción de alimentos de las familias vulnerables a la seguridad alimentaria que es beneficiada con este insumo para la producción de huertos escolares y familiares.

5.3.1. Identificación de etapas y análisis de riesgo

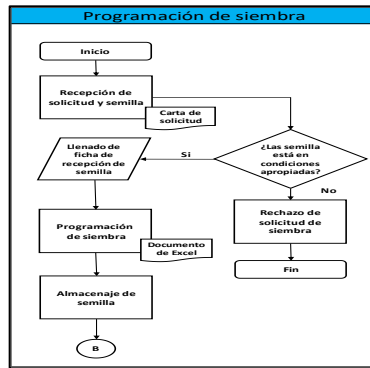
El análisis de riesgos consiste en que los riesgos físicos, químicos y biológicos en cada proceso de producción de plántulas sean visualizados a través de flujogramas, con la finalidad de observar como la semilla es manipulada hasta que se convierte en una plántula apropiada para la siembra.

Las etapas donde se realizó el análisis de los riesgos que se pueden presentar en el proceso de producción de plántulas desde la solicitud de producción hasta el despacho, son las siguientes:

- Programación de siembra, figura 28.
- Lavado de bandejas para la siembra de plántulas, figura 29.
- Lavado de cajas plásticas para transporte de plántulas, figura 30.
- Preparación de sustrato, figura 31.

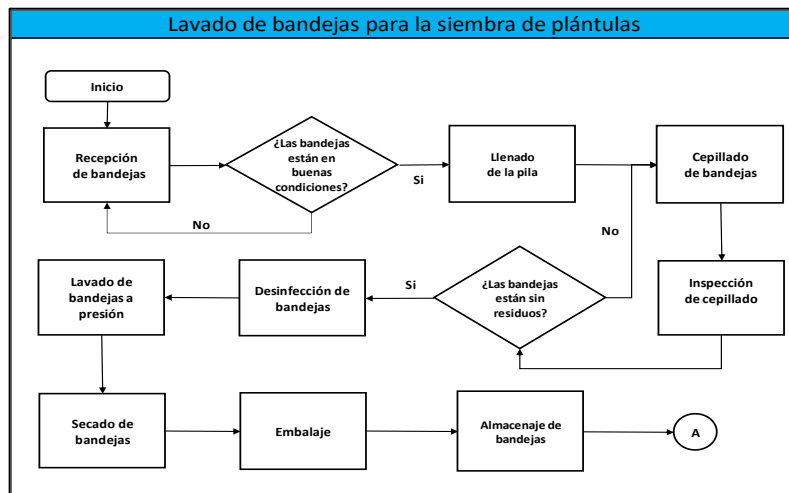
- Producción de plántulas figura 32.

Figura 28. **Flujograma de programación de siembra**



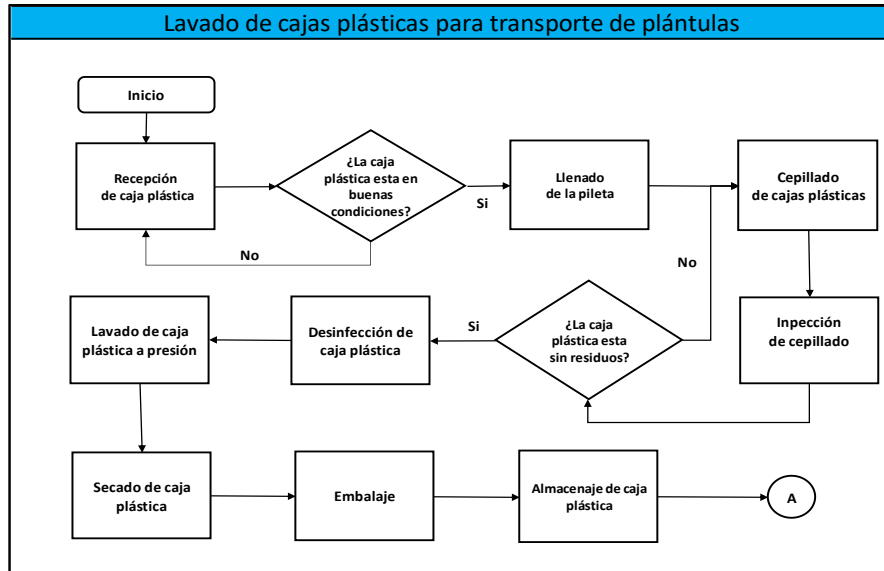
Fuente: elaboración propia, empleando Office 365.

Figura 29. **Flujograma de lavado de bandejas para la siembra de plántulas**



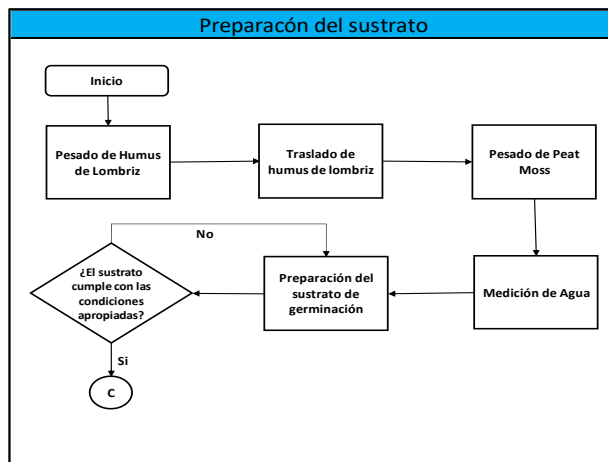
Fuente: elaboración propia, empleando Office 365.

Figura 30. **Flujograma de lavado de caja plástica para transporte de plántulas**



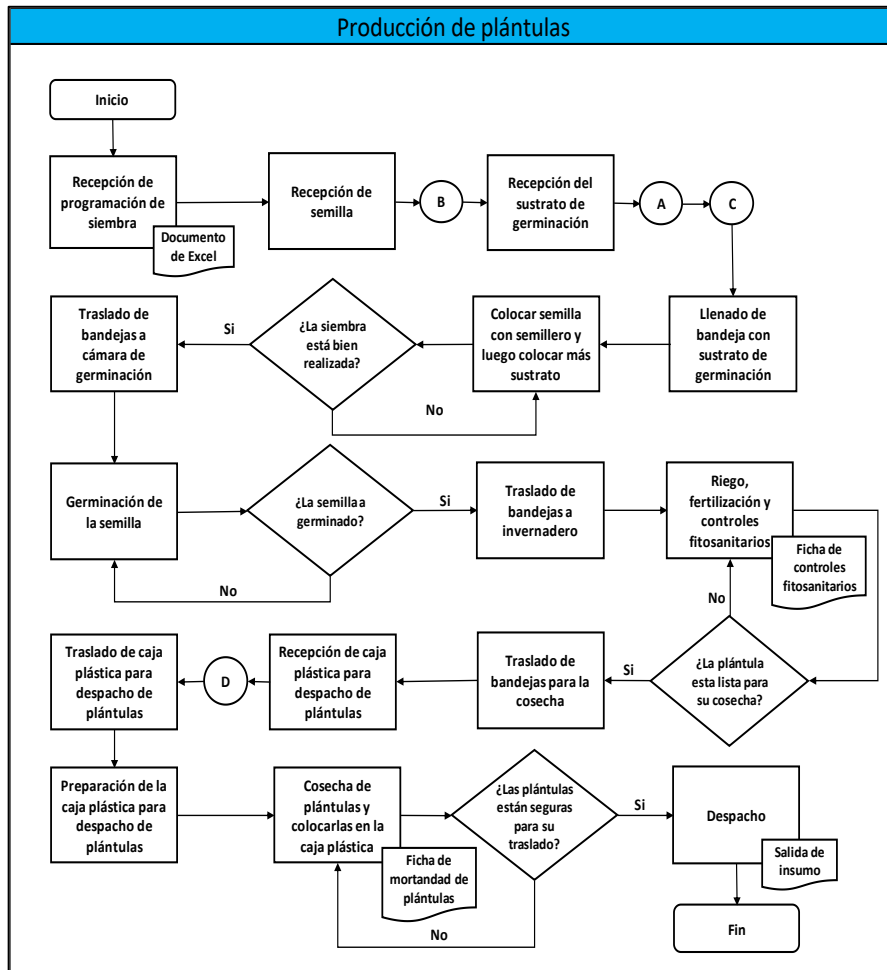
Fuente: elaboración propia, empleando Office 365.

Figura 31. **Flujograma de preparación del sustrato**



Fuente: elaboración propia, empleando Office 365.

Figura 32. Producción de plántulas



Fuente: elaboración propia, empleando Office 365.

A continuación, se describen los posibles riesgos que fueron observados en cada etapa de producción de plántulas durante las visitas realizada al CDDT. Para la obtención de la información se realizaron reuniones donde participaron todas las personas responsables de las actividades relacionadas con la producción de plántulas.

5.3.1.1. Programación de Siembra

Los riesgos identificados en la etapa de Programación de siembra son los siguientes:

- **RIESGO 1:** fecha de prueba o de expiración de la semilla: Cuando se realiza la recepción de la semilla se debe de considerar la fecha de prueba o de expiración del proveedor, ya que al utilizar semilla con mucha antigüedad aumenta el número de plántulas perdidas, debido a que esta pierde el vigor necesario para su desarrollo, el sistema de inventario utilizado es primeras entradas primeras salidas (PEPS).
- **RIESGO 2:** condiciones inadecuadas para almacenaje de semillas: Las semillas deben de contar con su respectiva hoja técnica, la cual proporciona información de las condiciones de almacenamiento (temperatura y humedad), rendimiento esperado, porcentaje de germinación, certificado de origen y vida de anaquel, lo cual ayudara a disminuir el número de plántulas perdidas. También es importante conocer la resistencia a plagas y enfermedades para asegurar la calidad de la plántula.

5.3.1.2. Lavado de bandejas para la siembra de plántulas

A continuación se describen los riesgos identificados en la etapa de Lavado de bandejas para la siembra de plántulas:

- **RIESGO 3:** cortes o golpes del personal por falta de uso de EPP: Debido a movimientos incontrolados de equipo, herramientas y químicos el

personal está expuesto a riesgos en su salud debido a la falta de uso del EPP.

- RIESGO 4: bandejas reutilizadas en mal estado: La reutilización de las bandejas de germinación debe realizarse si estas tienen las condiciones adecuadas para que la plántula obtenga un buen desarrollo radicular y el agua pueda drenarse sin dificultad.
- RIESGO 5: bandejas contaminadas con microorganismos: Para evitar contaminación bacteriana en las plántulas las bandejas plásticas deben de estar libres de residuos de microorganismos y de tierra.
- RIESGO 6: incorrecta desinfección de las bandejas: Para tener como resultado una plántula saludable antes de colocar el sustrato en las bandejas de germinación estas deben de ser desinfectadas por medio de una cantidad específica de cloro con el fin de conservar la concentración y efectividad en el proceso de desinfección.
- RIESGO 7: falta de conocimiento de las propiedades del agua utilizada para el lavado de bandejas: Es de suma importancia identificar la calidad del agua que se utiliza en el lavado de bandejas para conocer sus propiedades químicas y eliminar riesgos de contaminación.
- RIESGO 8: falta de uso de tapete sanitizante: Es necesario la implementación del tapete sanitizante para que no ingresen microorganismos que causen daño a la producción.

5.3.1.3. Preparación del sustrato

Los riesgos identificados para el análisis de peligros en la etapa de Preparación del sustrato son los siguientes:

- RIESGO 9: *humus* de lombriz con baja cantidad de nutrientes y pH inadecuado: Para la elaboración del humus de lombriz es importante que se cumplan con las especificaciones necesarias para su elaboración, como los es: la lombriz roja, hoja vegetal, cartón, pulpa de café, agua y estiércol de vaca, las cuales deberán de mantenerse en todo el proceso de manera uniforme para tener un pH y nutrientes apropiados para la germinación de las plántulas.
- RIESGO 10: preparación errónea del sustrato de germinación: Una buena preparación del sustrato garantiza un 80 % de efectividad en la germinación de la plántula, por lo cual la cantidad de humus y agua que se le incorporan debe ser medida. Si el sustrato está muy seco se forman terrones al ser compactado y no habrá ventilación ni drenaje de agua, por el contrario, si está muy húmedo se forman costras que dificultaran la germinación de la semilla.
- RIESGO 11: falta de conocimiento de las propiedades del agua utilizada para la preparación del sustrato de germinación: El agua utilizada en la preparación del sustrato no tiene que estar contaminada por microorganismos dañinos para la germinación de la semilla.

5.3.1.4. Lavado de cajas plásticas para transporte de plántulas

A continuación se especifican los riesgos identificados en la etapa de Lavado de cajas plásticas para transporte de plántulas:

- RIESGO 12: falta de Uso de EPP: Es importante que el personal encargado del lavado y desinfección de las cajas plásticas utilice el EPP ya que para realizar esta actividad se necesita utilizar productos químicos.
- RIESGO 13: no se realiza lavado y desinfección de la caja utilizada para el transporte de plántulas: Para minimizar el riesgo de contaminación de plagas, hongos, entre otros., en el proceso de transporte de las plántulas a su destino final es importante que se realice la desinfección de las canastas rojas, por lo que deberán de ser lavadas, cepilladas y desinfectadas para la eliminación de cualquier residuo que puedan contener.
- RIESGO 14: falta de conocimiento de las propiedades del agua utilizada para el lavado de cajas: Para que las cajas plásticas no contengan contaminación biológica es necesario establecer que las propiedades del agua utilizada no infecten a las plántulas en el transporte de las mismas hacia su destino final.

5.3.1.5. Siembra y cosecha de plántulas

En la etapa de Siembra y cosecha de plántulas se detectaron los siguientes riesgos:

- RIESGO 15: siembra de la semilla a inadecuada profundidad: La semilla debe ser colocada en la bandeja plástica a una profundidad apropiada para evitar el riesgo de que este expuesta y no germine.
- RIESGO 16: niveles inadecuados de humedad, temperatura y gases dentro de la cámara germinadora: El agua, la temperatura y los sistemas de ventilación son factores básicos que influyen en la germinación de la semilla por lo tanto en la cámara de germinación estos factores deben de estar entre los parámetros permisibles.
- RIESGO 17: niveles inadecuados de humedad, temperatura, luminosidad dentro del Invernadero: Para el desarrollo óptimo de las plántulas dentro del invernadero es importante tener las condiciones idóneas para su desarrollo, por lo cual es indispensable colocar luxómetros y termohigrómetros para medir la luminosidad, temperatura y humedad interna. El riesgo de no tener estos controles afectaría a las plántulas en su fotosíntesis y el ambiente puede ser más favorable para proliferación de enfermedades y plagas.
- RIESGO 18: poco control en el sistema de riego: El control de riego es importante para obtener una buena producción, porque un mal riego ocasionara perdida de plántulas ya que podrían marchitarse por la falta o podrirse por exceso de agua.
- RIESGO 19: falta de conocimiento de las propiedades del agua utilizada para el riego: La calidad del agua utilizada en el riego debe ser controlada para garantizar que proporcionara a las plántulas los nutrientes necesarios para su germinación y crecimiento, entre los parámetros a medir se

encuentra la salinidad, nutrientes, boro, acidez, absorción de sodio, cationes y aniones.

- RIESGO 20: deficiencia en el manejo y control de plagas: Para poder llevar un efectivo control de plagas es indispensable tener las hojas técnicas de cada tipo de semilla que se maquila en el CDDT, por medio de esta hoja se conocerán las diversas plagas que puedan afectar a las plántulas, con esta información se podrá tener en bodega los elementos fitosanitarios necesarios para el control y eliminación de estas. De los elementos fitosanitarios también se necesita tener sus respectivas hojas técnicas con información de la forma correcta de manipulación y aplicación.
- RIESGO 21: acumulación de aguas pluviales dentro del invernadero: Es necesario tener un buen manejo de las aguas pluviales para evitar la contaminación de plagas, malos olores y hongos en las áreas de trabajo dentro y fuera de los invernaderos.
- RIESGO 22: limpieza inadecuada de las herramientas de trabajo: Es importante realizar limpieza de las herramientas de trabajo utilizadas en los invernaderos para reducir la probabilidad de que las plántulas sean infectadas con enfermedades que provoquen la baja producción de las mismas.
- RIESGO 23: falta de implementación de pediluvio: Es obligatorio que todas las personas que ingresen a los invernaderos y a la subárea de germinación usen el pediluvio para la desinfección del calzado y con ello eliminar el transporte de microorganismos que pongan el riesgo la producción de las plántulas.

- RIESGO 24: falta de uso de EPP: Existe riesgo de accidentes en todas las etapas de producción por lo cual toda persona que realice actividades dentro del invernadero debe de utilizar su equipo de protección personal.

La gravedad de los peligros en relación a las consecuencias que pueden tener en la salud de las personas puede ser:

- Crónicos: que amenazan con la vida.
- Mayores: graves o crónicos.
- Menores: moderados o leves.

Los riesgos asociados a los peligros según el grado de que ocurra se clasificar en crítico, mayor, menor o insignificante.

La probabilidad de que ocurra un peligro es inversamente proporcional a la gravedad de las consecuencias, lo cual puede observarse en la siguiente figura 33.

Figura 33. Evaluación de los riesgos a la salud

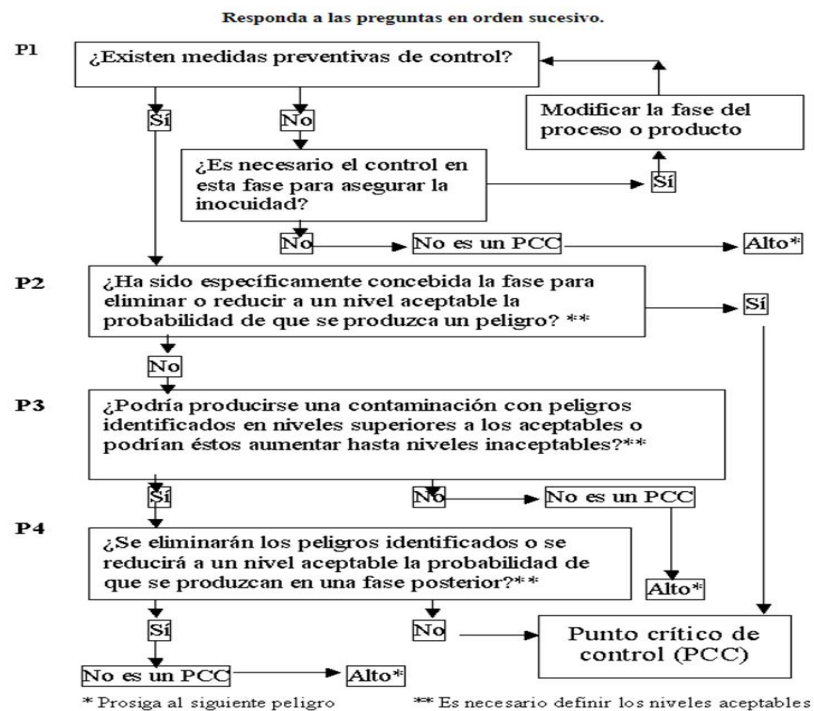
PROBABILIDAD DE QUE OCURRA	ALTA	SA	ME	MA	CR
	MEDIA	SA	ME	MA	MA
	BAJA	SA	ME	MA	ME
	INSIGNIFICANTE	SA	SA	SA	SA
		SATISFACTORIA	BAJA	MEDIA	ALTA
		GRAVEDAD DE CONSECUENCIA			
		SA	SATISFACTORIA		
		ME	MENOR		
		MA	MAYOR		
		CR	CRITICO		

Fuente: Elaboración propia, empleando Office 365.

5.4. Puntos críticos de control

Para cada una de las etapas del proceso se realizó el análisis de los riesgos para identificar si son o no puntos críticos de control, para el análisis se utilizó el árbol de decisiones el cual consiste en determinar objetivamente si un riesgo identificado es un punto crítico de control y se hace por medio de responder a una serie de preguntas. El árbol de decisiones para identificar los PCC puede observarse en la figura 34.

Figura 34 **Árbol de decisiones para identificar puntos críticos de control**



Fuente: FAO/OIEA. *Manual Sobre la Aplicación del Sistema de Análisis de Peligros y de Puntos Críticos de Control (APPCC) en la Prevención y Control de las Micotoxinas*. <http://www.fao.org/3/Y1390S/y1390s0g.htm>. Consulta: 10 abril 2021.

El análisis se realizó en los 24 riesgos encontrados y se muestra en el apéndice 1, sin embargo, los PCC identificados que cumplen con el propósito de reducir o eliminar un riesgo que afecten la producción de plántulas son 18 y se muestran en la tabla XXX.

Tabla XXX. **Puntos críticos de control en la producción de plántulas**

Identificación de los puntos críticos de control para la producción de plántulas en el CDDT							
Etapa	Tipo de Riesgo	Causa	Pregunta 1	Pregunta 2	Pregunta 3	Pregunta 4	Es un PCC
Programación de siembra	Biológico: Damping-Off.	Fecha de prueba o de expiración de la semilla.	SI	SI			PCC1
Programación de siembra	Biológico: Damping-Off y/o Xanthomonas campestris pv.	Condiciones inadecuadas para almacenaje de semillas.	SI	NO	SI	NO	PCC2
Lavado, secado y siembra en bandejas	Físicos: riesgos laborales.	Cortes o golpes del personal por falta de uso de EPP.	SI	SI			PCC3
Lavado, secado y siembra en bandejas	Biológico: agentes patógenos.	Incorrecta desinfección de las bandejas.	SI	SI			PCC4
Lavado, secado y siembra en bandejas	Biológico: agentes patógenos.	Falta de uso de tapete sanitizante.	SI	SI			PCC5
Preparación de sustrato.	Biológico: Damping-Off.	Preparación errónea del sustrato de germinación.	SI	SI			PCC6
Lavado de cajas plásticas para transporte de plántulas.	Biológico: agentes patógenos.	Falta de Uso de EPP.	SI	SI			PCC7
Lavado de cajas plásticas para transporte de plántulas.	Biológico: Xanthomonas campestris pv.	No se realiza lavado y desinfección de la caja utilizada para el transporte de plántulas.	SI	NO	SI	NO	PCC8
Producción de plántulas	Biológico: Damping-Off de preemergencia.	Siembra de la semilla a inadecuada profundidad.	SI	SI			PCC9
Producción de plántulas	Biológico: Damping-Off.	Niveles inadecuados de humedad, temperatura y gases dentro de la cámara germinadora.	SI	SI			PCC10
Producción de plántulas	Biológico: Pythium.	Niveles inadecuados de humedad, temperatura, luminosidad dentro del Invernadero.	SI	SI			PCC11
Producción de plántulas	Biológico: Pythium, Pseudomonas o Xanthomonas.	Poco control en el sistema de riego.	SI	SI			PCC12
Producción de plántulas	Biológico: bacterias fitopatógenas.	Falta de conocimiento de las propiedades del agua utilizada para riego.	SI	NO	SI	NO	PCC13
Producción de plántulas	Químico: tóxico o muy tóxico.	Deficiencia en el manejo y control de plagas.	SI	SI			PCC14
Producción de plántulas	Biológico: agentes patógenos.	Acumulación de aguas pluviales dentro del invernadero.	SI	NO	SI	NO	PCC15
Producción de plántulas	Biológico: enfermedades bacterianas.	Limpieza inadecuada de las herramientas de trabajo.	SI	SI			PCC16
Producción de plántulas	Biológico: agentes patógenos.	Falta de implementación de pediluvio.	SI	SI			PCC17
Producción de plántulas	Biológico y químico: agentes patógenos.	Falta de uso de EPP.	SI	SI			PCC18

Fuente: elaboración propia, empleando Office 365.

5.4.1. Límites críticos para cada punto crítico de control

Los límites críticos se definen como criterios que deben cumplirse para cada medida preventiva asociada a un PCC. Las especificaciones que se establezcan pueden ser temperatura, tiempo, humedad, concentración de cloro, además de características sensoriales como la textura, apariencia visual, aroma, etc. En la tabla XXXI se presenta la medida preventiva para cada riesgo y los límites críticos de cada PCC identificado.

Tabla XXXI. **Medidas preventivas y límites de control de los PCC de producción de plántulas**

Medidas preventivas y límites de control para la producción de plántulas en el CDDT.				
Etapa	Tipo de Riesgo	Medida Preventiva	PCC	Límites de control
Programación de siembra	Biológico: Damping-Off.	Rechazo de semilla según su fecha de antigüedad.	PCC1	Fecha de prueba no mayor a 3 años.
Programación de siembra	Biológico: Damping-Off y/o Xanthomonas campestris pv.	Implementar un programa de monitoreo de las condiciones físicas y climáticas de la bodega de semillas y también un programa de control de plagas.	PCC2	Temperatura: mínima 2 °C y máxima de 16 °C. Humedad: no mayor a 10 %.
Lavado, secado y siembra en bandejas	Físicos: riesgos laborales.	Uso obligatorio de EPP e implementar lugares apropiados para el aseo personal.	PCC3	Uso de gabacha de manga larga, gorro de cofia, guantes de hule de media manga, mascarilla y botas de hule.
Lavado, secado y siembra en bandejas	Biológico: agentes patógenos.	Implementar un instructivo de lavado de bandejas.	PCC4	Sumergir las bandejas por 10 minutos en agua con un 10 % de cloro.
Lavado, secado y siembra en bandejas	Biológico: agentes patógenos.	Uso obligatorio del tapete sanitizante con la dosificación correcta de desinfectante.	PCC5	Desinfectante: agua con un 5 % de cloro.
Preparación de sustrato.	Biológico: Damping-Off.	Implementar un manual para la preparación de sustrato de germinación.	PCC6	Para 60 bandejas mezclar: 36,28 libras de Peat Moss, 0,94 litros de humus de lombriz y 3,78 litros de agua.
Lavado de cajas plásticas para transporte de plántulas.	Biológico: agentes patógenos.	Uso obligatorio de EPP.	PCC7	Uso de gabacha de manga larga, gorro de cofia, guantes de hule de media manga, mascarilla y botas de hule.
Lavado de cajas plásticas para transporte de plántulas.	Biológico: Xanthomonas campestris pv.	Implementar un instructivo para el lavado de caja.	PCC8	Sumergir las cajas en agua con un 10 % de cloro.
Producción de plántulas	Biológico: Damping-Off de preemergencia.	La siembra de la semilla debe ser supervisada visualmente por el personal acargo.	PCC9	Profundidad de siembra de la semilla de dos veces su diámetro.
Producción de plántulas	Biológico: Damping-Off.	Implementar monitoreo de las condiciones apropiadas dentro de la cámara germinadora.	PCC10	Temperatura: mínima 18 °C y máxima 20 °C. Humedad relativa: mínima de 70 % y máxima de 80 %. Gas: 21 % de O ₂ y un 0,03 % de CO ₂ .
Producción de plántulas	Biológico: Pythium.	Implementar monitoreos de las condiciones apropiadas dentro en los invernaderos.	PCC11	Temperatura: mínima 15 °C y máxima 25 °C. Humedad: mínima 45 % y máxima 60 %. Luz: mínima de 400 nm y máxima de 700 nm.
Producción de plántulas	Biológico: Pythium, Pseudomonas o Xanthomonas.	Implementar programación de riego en los invernaderos.	PCC12	Riego por bandeja como mínimo 1,30 litros y máximo 1,5 litros, dos a tres veces al día dependiendo de las condiciones climáticas y de humedad.
Producción de plántulas	Biológico: bacterias fitopatógenas.	Implementar análisis periódico de la calidad de agua.	PCC13	Análisis del agua utilizada en el CDDT cada seis meses con aceptación de los parámetros establecidos en la Figura No. 22.
Producción de plántulas	Químico: tóxico o muy tóxico.	Implementar un manual de manejo fitosanitario en las plántulas.	PCC14	Utilización de productos fitosanitarios según los límites establecidos por el proveedor.
Producción de plántulas	Biológico: agentes patógenos.	Construcción de canales de desagüe de aguas pluviales.	PCC15	0 % de acumulación de agua pluvial dentro de los invernaderos.
Producción de plántulas	Biológico: enfermedades bacterianas.	Implementar un manual de medidas de higiene de equipo y herramienta de trabajo.	PCC16	Desinfectantes: Alcohol a un 70 % o agua oxigenada.
Producción de plántulas	Biológico: agentes patógenos.	Uso obligatorio de pediluvio en ambos invernaderos, con la dosificación correcta de desinfectante.	PCC17	El agua deberá de contener un 20 % de cloro.
Producción de plántulas	Biológico y químico: agentes patógenos.	Uso obligatorio de EPP.	PCC18	Uso de redeçillas, anteojos, mascarás faciales desechables o de filtro, guantes, botas, mampelucos, protector para la cabeza, gabacha plástica o delantales, orejeras o tapones para oídos.

Fuente: elaboración propia, empleando Office 365.

5.4.2. Procedimientos de monitoreo y acción correctiva

Teniendo como base la información anterior se establecieron procedimientos de vigilancia en cada PCC, se define como vigilancia “Llevar a cabo una secuencia planificada de observaciones o mediciones de los parámetros de control para evaluar si un PCC está bajo control”.²⁸

Para realizar monitoreo en cada PCC se deben establecer lo siguiente:

- Que se va a monitorear.
- Como se va a monitorear.
- Donde se va a monitorear.
- Frecuencia de monitoreo.
- Quien va a monitorear.

En la tabla No XXXII se describen los procedimientos de vigilancia propuestos para cada PCC, así como también en la tabla XXXIII se muestran las acciones correctivas que pueden aplicarse si existiera una desviación de los límites de control.

²⁸ FAO. *Sistema de análisis de peligros y de puntos críticos de control (HACCP) y directrices para su aplicación*. <http://www.fao.org/3/y1579s/y1579s03.htm>. Consulta: 12 de abril de 2021.

Tabla XXXII. Procedimientos de monitoreo para la producción de plántulas

Procedimientos de monitoreo para la producción de plántulas en el CDDT.						
PCC	Límites	MONITOREO				
		Que	Como	Donde	Frecuencia	Responsable
PCC1	Fecha de prueba de prueba no mayor a 3 años.	Fecha de prueba o expiración.	Observación visual.	Etiqueta del producto.	En cada ingreso de semilla.	Planificador del CDDT.
PCC2	Temperatura: mínima 2 °C y máxima de 16 °C. Humedad: no mayor a 10 %.	Condiciones físicas, temperatura y humedad.	Observación visual y termohigrómetro.	Bodega de semilla.	3 veces al día.	Planificador del CDDT.
PCC3	Uso de gabacha de manga larga, gorro de cofia, guantes de hule de media manga, mascarilla y botas de hule.	Uso de EPP.	Observación visual.	En todas las etapas de producción de plántulas.	2 veces al día.	Encargado de Producción.
PCC4	Sumergir las bandejas por 10 minutos en agua con un 10 % de cloro.	Clarificación del agua. Tiempo de inmersión.	Tiras reactivas para cloro y cronometro.	Pila para lavado de bandejas.	Cada vez que se realice esta actividad.	Técnico de Campo.
PCC5	Desinfectante: agua con un 5 % de cloro.	Clarificación del agua.	Tiras reactivas para cloro.	Tapete sanitizante.	Diario.	Técnico de Campo.
PCC6	Para 60 bandejas mezclar: 36,28 libras de Peat Moss, 0,94 litros de humus de lombriz y 3,78 litros de agua.	Sustrato de germinación.	Tacto, balanza, termómetro e higrómetro para compostera.	Pileta de preparación de sustrato.	Cada vez que se realice esta actividad.	Técnico de Campo.
PCC7	Uso de gabacha de manga larga, gorro de cofia, guantes de hule de media manga, mascarilla y botas de hule.	Uso de EPP.	Observación visual.	En todas las etapas de producción de plántulas.	2 veces al día.	Encargado de Producción.
PCC8	Sumergir las cajas en agua con un 10 % de cloro.	Clarificación del agua. Tiempo de inmersión.	Tiras reactivas para cloro y cronometro.	Pileta para el lavado de caja.	Cada vez que se realice esta actividad.	Técnico de Campo.
PCC9	Profundidad de siembra de la semilla de dos veces su diámetro.	Profundidad de siembra.	Observación visual.	Empalmado de semilla con Peat Moss.	Cada vez que se realice esta actividad.	Técnico de Campo.
PCC10	Temperatura: mínima 18 °C y máxima 20 °C. Humedad relativa: mínima de 70 % y máxima de 80 %. Gas: 21 % de O2 y un 0,03 % de CO2.	Humedad, temperatura y gas.	Termohigrómetro y medidor de oxígeno industrial.	Cámara germinadora.	3 veces al día.	Planificador del CDDT.
PCC11	Temperatura: mínima 15 °C y máxima 25 °C. Humedad: mínima 45 % y máxima 60 %. Luz: mínima de 400 nm y máxima de 700 nm.	Temperatura, humedad y luz.	Termohigrómetro y luxómetro.	Invernaderos.	3 veces al día.	Planificador del CDDT.
PCC12	Riego por bandeja como mínimo 1,30 litros y máximo 1,5 litros, dos a tres veces al día dependiendo de las condiciones climáticas y de humedad.	Tiempo, peso de las bandejas.	Balanza.	Invernaderos.	Diario.	Técnico de Campo.
PCC13	Análisis del agua utilizada en el CDDT cada seis meses con aceptación de los parámetros establecidos en la Figura No. 22.	Parámetros del agua utilizada en el CDDT.	Kit de análisis para agua.	Acometida de agua.	Quincenal.	Encargado de Producción.
PCC14	Utilización de productos fitosanitarios según los límites establecidos por el proveedor.	Aplicación de los productos fitosanitarios.	Según indicaciones del fabricante.	En el equipo utilizado para la aplicación de productos fitosanitarios.	Cada vez que se realice esta actividad.	Técnico de Campo.
PCC15	0 % de acumulación de agua pluvial dentro de los invernaderos.	Acumulaciones de agua.	Observación visual.	Invernaderos.	Diario.	Técnico de Campo.
PCC16	Desinfectantes: Alcohol a un 70 % o agua oxigenada.	Limpieza y desinfección.	Observación visual.	Herramientas.	Diario.	Planificador del CDDT.
PCC17	El agua deberá de contener un 20 % de cloro.	Clarificación del agua.	Tiras reactivas para cloro.	Pediluvio.	Diario.	Técnico de Campo.
PCC18	Uso de redcillas, anteojos, mascarar faciales desechables o de filtro, guantes, botas, mamelucos, protector para la cabeza, gabacha plástica o delantales, orejeras o tapones para oídos.	Uso de EPP.	Observación visual.	En todas las etapas de producción de plántulas.	2 veces al día.	Encargado de Producción.

Fuente: elaboración propia, empleando Office 365.

Tabla XXXIII. Acciones correctivas para la producción de plántulas

Acciones correctivas para la producción de plántulas en el CDDT.

PCC	Límites	ACCIONES CORRECTIVAS	
		Procedimiento	Responsable
PCC1	Fecha de prueba de prueba no mayor a 3 años.	Realizar pruebas de germinación.	Encargado de Producción.
PCC2	Temperatura: mínima 2 °C y máxima de 16 °C. Humedad: no mayor a 10 %.	Desechar la semilla contaminada o dañada.	Encargado de Producción.
PCC3	Uso de gabacha de manga larga, gorro de cofia, guantes de hule de media manga, mascarilla y botas de hule.	Reportar ante las autoridades superiores al personal que no utiliza el EPP.	Encargado de Producción.
PCC4	Sumergir las bandejas por 10 minutos en agua con un 10 % de cloro.	Lavar y desinfectar nuevamente las bandejas.	Encargado de Producción.
PCC5	Desinfectante: agua con un 5 % de cloro.	Elaborar nuevamente la dosificación del cloro.	Encargado de Producción.
PCC6	Para 60 bandejas mezclar: 36,28 libras de Peat Moss, 0,94 litros de humus de lombriz y 3,78 litros de agua.	Readecuar los componentes para la preparación del sustrato.	Encargado de Producción.
PCC7	Uso de gabacha de manga larga, gorro de cofia, guantes de hule de media manga, mascarilla y botas de hule.	Reportar ante las autoridades superiores al personal que no utiliza el EPP.	Encargado de Producción.
PCC8	Sumergir las cajas en agua con un 10 % de cloro.	Lavar y desinfectar nuevamente las cajas.	Encargado de Producción.
PCC9	Profundidad de siembra de la semilla de dos veces su diámetro.	Realizar siembras de semilla acorde al porcentaje de pérdida por germinación.	Encargado de Producción.
PCC10	Temperatura: mínima 18 °C y máxima 20 °C. Humedad relativa: mínima de 70 % y máxima de 80 %. Gas: 21 % de O ₂ y un 0,03 % de CO ₂ .	Implementación de un manual de BPA en cámaras de germinación.	Encargado de Producción.
PCC11	Temperatura: mínima 15 °C y máxima 25 °C. Humedad: mínima 45 % y máxima 60 %. Luz: mínima de 400 nm y máxima de 700 nm.	Implementación de un manual de BPA bajo condiciones de invernaderos.	Encargado de Producción.
PCC12	Riego por bandeja como mínimo 1,30 litros y máximo 1,5 litros, dos a tres veces al día dependiendo de las condiciones climáticas y de humedad.	Reprogramación de tiempo y cantidad de agua utilizada para el riego.	Encargado de Producción.
PCC13	Análisis del agua utilizada en el CDDT cada seis meses con aceptación de los parámetros establecidos en la Figura No. 22.	Poda y/o aplicación del producto fitosanitaria acorde al agente patógeno detectado.	Encargado de Producción.
PCC14	Utilización de productos fitosanitarios según los límites establecidos por el proveedor.	Destrucción de las plántulas.	Encargado de Producción.
PCC15	0 % de acumulación de agua pluvial dentro de los invernaderos.	Reconstrucción de los canales de desagüe de aguas pluviales.	Encargado de Producción.
PCC16	Desinfectantes: Alcohol a un 70 % o agua oxigenada.	Limpiar nuevamente las herramientas.	Encargado de Producción.
PCC17	El agua deberá de contener un 20 % de cloro.	Elaborar nuevamente la dosificación del cloro.	Encargado de Producción.
PCC18	Uso de redecillas, anteojos, mascarillas faciales desechables o de filtro, guantes, botas, mamelucos, protector para la cabeza, gabacha plástica o delantales, orejeras o tapones para oídos.	Reportar ante las autoridades superiores al personal que no utiliza el EPP.	Encargado de Producción.

Fuente: elaboración propia, empleando Office 365.

5.4.3. Procedimientos de registro de datos

Ya establecido el procedimiento de cada uno de los PCC se procederá a realizar la toma de datos que soporten los procedimientos y acciones correctivas para cada uno de los procesos que se llevan a cabo para la producción de plántulas dentro del invernadero del CDDT.

Para conocer los progresos y problemas que se presenten en el desarrollo de registro de datos estos tienen que ser obligatorios y su revisión debe ser semanal a fin de reducir los riesgos y optimizar los procesos, lo cual ayudara a realizar las actividades en forma más eficiente optimizando los recursos.

Lo registros deben incluir:

- Listado de las personas que forman parte del equipo HACCP, incluyendo nombre y puesto que desempeñan.
- Descripción y uso de las plántulas.
- Diagrama de flujo o flujograma de producción de plántulas.
- Análisis de riesgos en el proceso de producción de plántulas.
- Identificación de PCC.
- Medidas preventivas para cada PCC.
- Los límites de control establecidos para cada PCC.

- Todos los generados por el plan HACCP.
- Monitoreo.
- Manejo sostenible agrícola.
- Variaciones y medidas correctivas.
- Verificaciones y auditorias.
- Capacitaciones al personal.

Para la toma de datos de las operaciones relacionadas con el monitoreo a los PCC se propone el llenado de las fichas que se nombran en la tabla XXXIV, cada una fue identificada con el número de tabla asignado en esta tesis.


Tabla XXXIV. Listado de fichas propuestas para la medición de límites críticos en la producción de plántulas

PCC	Donde	Límites	Documentos de monitoreo	Tabla No.
PCC1	Etiqueta del producto.	Fecha de prueba o expiración.	Ficha de Recepción de Semilla.	Tabla No. XXI
PCC2	Bodega de semilla.	Condiciones físicas, temperatura y humedad.	Ficha de Condiciones Físicas y Climáticas.	Tabla No. XXXV
PCC3	En todas las etapas de producción de plántulas.	Uso de EPP.	Ficha de Reporte de Falta de Uso de EPP.	Tabla No. XXXVI
PCC4	Pila para lavado de bandejas.	Clarificación del agua. Tiempo de inmersión.	Ficha de Medición de Cloro.	Tabla No. XXXVII
PCC5	Tapete sanitizante.	Clarificación del agua.	Ficha de Medición de Cloro.	Tabla No. XXXVII
PCC6	Pileta de preparación de sustrato.	Sustrato de germinación.	Ficha de Programación Diaria de Siembra.	Tabla No. XXXVIII
PCC7	En todas las etapas de producción de plántulas.	Uso de EPP.	Ficha de Reporte de Falta de Uso de EPP.	Tabla No. XXXVI
PCC8	Pileta para el lavado de caja.	Clarificación del agua. Tiempo de inmersión.	Ficha de Medición de Cloro.	Tabla No. XXXVII
PCC9	Empalmado de semilla con Peat Moss.	Profundidad de siembra.	Ficha de Mortandad de Plántulas.	Tabla No. XXII
PCC10	Cámara germinadora.	Humedad, temperatura y gas.	Ficha de Condiciones Físicas y Climáticas.	Tabla No. XXXV
PCC11	Invernaderos.	Temperatura, humedad y luz.	Ficha de Condiciones Físicas y Climáticas.	Tabla No. XXXV
PCC12	Invernaderos.	Tiempo, peso de las bandejas.	Ficha de Control Fitosanitario de Invernaderos.	Tabla No. XXIII
PCC13	Acometida de agua.	Parámetros del agua utilizada en el CDDT.	Resultado de análisis de agua para riego.	Tabla No. XXXIX
PCC14	En el equipo utilizado para la aplicación de productos fitosanitarios.	Aplicación de los productos fitosanitarios.	Ficha de Control de Productos Fitosanitario.	Tabla No. XXIII
PCC15	Invernaderos.	Acumulaciones de agua.	Ficha de Control Fitosanitario de Invernaderos.	Tabla No. XXIII
PCC16	Herramientas.	Limpieza y desinfección.	Ficha de Herramienta y Equipo de Trabajo.	Tabla No. XL
PCC17	Pediluvio.	Clarificación del agua.	Ficha de Medición de Cloro.	Tabla No. XXXVII
PCC18	En todas las etapas de producción de plántulas.	Uso de EPP.	Ficha de Reporte de Falta de Uso de EPP.	Tabla No. XXXVI

Fuente: elaboración propia, empleando Office 365.


Las tablas XXI, XXII y XXIII se pueden observar en el capítulo cuatro y las otras que se enlistan en el cuadro anterior son las siguientes:

Tabla XXXV. **Ficha de condiciones físicas y climáticas**

 MINISTERIO DE AGRICULTURA GANADERÍA Y ALIMENTACIÓN VICEMINISTERIO DE SEGURIDAD ALIMENTARIA Y NUTRICIONAL DIRECCIÓN DE APOYO A LA PRODUCCIÓN COMUNITARIA DE ALIMENTOS CENTRO DEMOSTRATIVO DE DESARROLLO TECNOLÓGICO FICHA DE MONITOREO DE CONDICIONES FÍSICAS Y CLIMÁTICAS				
Fecha: _____		Responsable: _____		
CONTROL DE TEMPERATURA- HUMEDAD- ILLUMINACIÓN				
BODEGA DE SEMILLAS	MAÑANA	MEDIO DIA	TARDE	OBSERVACIONES
Temperatura				
Humedad				
Condiciones físicas de la bodega de semillas				
CONTROL DE TEMPERATURA- HUMEDAD- GAS				
CAMARA DE GERMINACIÓN	MAÑANA	MEDIO DIA	TARDE	OBSERVACIONES
Temperatura				
Humedad				
O2				
CO2				
Condiciones físicas de cámara de germinación				
CONTROL DE TEMPERATURA- HUMEDAD- ILLUMINACIÓN				
INVERNADERO 1	MAÑANA	MEDIO DIA	TARDE	OBSERVACIONES
Temperatura				
Humedad				
Iluminación				
Condiciones físicas del invernadero				
CONTROL DE TEMPERATURA- HUMEDAD- ILLUMINACIÓN				
INVERNADERO 2	MAÑANA	MEDIO DIA	TARDE	OBSERVACIONES
Temperatura				
Humedad				
Iluminación				
Condiciones físicas del invernadero				

Fuente: elaboración propia, empleando Office 365.


Tabla XXXVI. **Ficha de reporte de falta de uso de EPP**

 MINISTERIO DE AGRICULTURA GANADERÍA Y ALIMENTACIÓN VICEMINISTERIO DE SEGURIDAD ALIMENTARIA Y NUTRICIONAL DIRECCIÓN DE APOYO A LA PRODUCCIÓN COMUNITARIA DE ALIMENTOS CENTRO DEMOSTRATIVO DE DESARROLLO TECNOLÓGICO FICHA DE REPORTE DE FALTA DE USO DE EPP					
No.	Fecha	Nombre del Técnico de Campo que no portaba EPP	EPP no utilizado	Tipo de Riesgo	Firma del Técnico de Campo que no portaba EPP
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					

Nombre y Firma de Encargado de Producción _____ Nombre y Firma de Encargado del CDDT _____

Fuente: elaboración propia, empleando Office 365.


Tabla XXXVII. **Ficha de medición de cloro**

 MINISTERIO DE AGRICULTURA GANADERÍA Y ALIMENTACIÓN VICEMINISTERIO DE SEGURIDAD ALIMENTARIA Y NUTRICIONAL DIRECCIÓN DE APOYO A LA PRODUCCIÓN COMUNITARIA DE ALIMENTOS CENTRO DEMOSTRATIVO DE DESARROLLO TECNOLÓGICO FICHA DE MEDICIÓN DE CLORO							
No.	Fecha	% de Cloro				Observaciones	Responsable
		Desinfección de bandejas	Desinfección de cajas	Tapete sanitizante	Pediluvio		
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							

Nombre y Firma de Encargado de Producción _____ Nombre y Firma de Encargado del CDDT _____


Fuente: elaboración propia, empleando Office 365.

Tabla XXXVIII. **Ficha de programación diaria de siembra**

		MINISTERIO DE AGRICULTURA GANADERÍA Y ALIMENTACIÓN VICEMINISTERIO DE SEGURIDAD ALIMENTARIA Y NUTRICIONAL DIRECCIÓN DE APOYO A LA PRODUCCIÓN COMUNITARIA DE ALIMENTOS CENTRO DEMOSTRATIVO DE DESARROLLO TECNOLÓGICO					
FICHA DE PROGRAMACIÓN DIARIA DE SIEMBRA							
Responsable _____				Fecha: _____			
No.	Tipo de semilla	Bandejas (Unidades)	Semilla (Peso)	Peat Moss (Peso)	Humus de Lombriz (Cantidad)	Agua (Cantidad)	Observaciones
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
Nombre y Firma de Encargado de Producción _____				Nombre y Firma de Encargado del CDDT _____			


Fuente: elaboración propia, empleando Office 365.

Tabla XXXIX. **Ficha de análisis de agua**

		MINISTERIO DE AGRICULTURA GANADERÍA Y ALIMENTACIÓN VICEMINISTERIO DE SEGURIDAD ALIMENTARIA Y NUTRICIONAL DIRECCIÓN DE APOYO A LA PRODUCCIÓN COMUNITARIA DE ALIMENTOS CENTRO DEMOSTRATIVO DE DESARROLLO TECNOLÓGICO				
FICHA DE ANÁLISIS DE AGUA						
Responsable: _____					Fecha: _____	
No.	Parámetro Analizado	Nivel Aceptable	Nivel del Análisis	Valores Normales		Observaciones
				Si	No	
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
Nombre y Firma de Encargado de Producción _____					Nombre y Firma de Encargado del CDDT _____	

Fuente: elaboración propia, empleando Office 365.

Tabla XL. **Ficha de control de herramienta y equipo de trabajo**

 MINISTERIO DE AGRICULTURA GANADERÍA Y ALIMENTACIÓN VICEMINISTERIO DE SEGURIDAD ALIMENTARIA Y NUTRICIONAL DIRECCIÓN DE APOYO A LA PRODUCCIÓN COMUNITARIA DE ALIMENTOS CENTRO DEMOSTRATIVO DE DESARROLLO TECNOLÓGICO FICHA DE CONTROL DE HERRAMIENTAS Y EQUIPO DE TRABAJO							
No.	Fecha de Entrega	Persona que Recibe	Cantidad	Descripción de la Herramienta o Equipo	Fecha de Devolución	Desinfectante utilizado para la limpieza	Observaciones
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							

Fuente: elaboración propia, empleando Office 365.

5.4.4. Procedimientos de verificación

Para constatar el cumplimiento y la eficiencia del plan HACCP en los procesos de producción de plántulas en el CDDT se necesita evaluar los procedimientos de monitoreo para corroborar que los PCC están bajo control o que se haya reducido a un nivel aceptable los riesgos identificados.

Hay que planificar y documentar la implementación periódica de los procedimientos de verificación lo cual ayudara a identificar las debilidades del plan HACCP eliminando medidas innecesarias o ineficaces. Los objetivos de los procedimientos de verificación son los siguientes:

- Validación del plan HACCP y sus registros: con los resultados obtenidos se determinará que los PCC, los límites críticos, el monitoreo y acciones correctivas se identificaron correctamente y que el registro de toda la información generada cumple con su propósito.

- Realizar auditorías internas de sistema HACCP: por medio de la observación *in situ* se verificará que la información de los diagramas de flujo sea correcta y que no se haya omitido algún proceso de producción de plántulas, también, constatar que la vigilancia de los PCC se esté ejecutando y que los registros estén anotados correctamente.
- Verificar la calibración de los equipos de medición para que no proporcionen información incorrecta: realizar con frecuencia la calibración de los equipos garantiza su precisión, esta puede ser por medio de comparaciones con medidas estándares reconocidas y certificado de conformidad. Los análisis de la calidad de agua deben ser por laboratorios certificados. Todas las calibraciones deben de ser documentadas y archivadas.
- Ejecutar un plan de muestreo y análisis del producto elaborado: tomar muestras periódicas de las plántulas para verificar que tienen buen desarrollo del sistema radicular, color, tamaño, forma, sin enfermedades y que cuenta con las condiciones necesarias para ser entregada a los beneficiarios. En el plan de muestreo también incluir tomas de muestras periódicas de la semilla, del humus, de las dosificaciones de cloro, entre otros.
- Estimar una frecuencia de comprobación: la frecuencia de verificación dependerá de la cantidad de varianzas de los límites de control, reclamos y quejas por los beneficiarios o del personal Técnico de la DAPCA responsable de la implementación de los huertos. Si el plan HACCP está controlado y hay prueba de ello se podría alargar el tiempo de la frecuencia de verificación.

Los registros de las actividades de verificación pueden describirse en la tabla XLI que se plantea a continuación:

Tabla XLI. **Ficha de procedimiento de verificación**

 <p>MINISTERIO DE AGRICULTURA GANADERÍA Y ALIMENTACIÓN VICEMINISTERIO DE SEGURIDAD ALIMENTARIA Y NUTRICIONAL DIRECCIÓN DE APOYO A LA PRODUCCIÓN COMUNITARIA DE ALIMENTOS</p> <p style="text-align: center;">CENTRO DEMOSTRATIVO DE DESARROLLO TECNOLÓGICO</p> <p>FICHA DE PROCEDIMIENTO DE VERIFICACIÓN</p> <p>Fecha: _____</p>				
Objetivo de verificación	Método de verificación	Lugar de verificación	Frecuencia	Responsable de la verificación
<p>_____ Nombre y Firma de Encargado de Producción</p>			<p>_____ Nombre y Firma de Encargado del CDDT</p>	

Fuente: elaboración propia, empleando Office 365.

Para llevar el registro de las calibraciones de las balanzas se propone la siguiente tabla XLII.

Tabla XLII. **Ficha de calibración de equipo**

		MINISTERIO DE AGRICULTURA GANADERÍA Y ALIMENTACIÓN VICEMINISTERIO DE SEGURIDAD ALIMENTARIA Y NUTRICIONAL DIRECCIÓN DE APOYO A LA PRODUCCIÓN COMUNITARIA DE ALIMENTOS			
		CENTRO DEMOSTRATIVO DE DESARROLLO TECNOLÓGICO FICHA DE CALIBRACIÓN DE EQUIPOS			
No.	Fecha	Instrumento	Frecuencia	Metodo de calibración usado	Responsable de la calibración
1					
2					
3					
4					
5					
_____ Nombre y Firma de Encargado de Producción			_____ Nombre y Firma de Encargado del CDDT		

Fuente: elaboración propia, empleando Office 365.

CONCLUSIONES

1. En esta tesis se presentó un diseño de los lineamientos que son básicos para la aplicación de Buenas Prácticas Agrícolas y Manejo Sostenible en la producción de plántulas hortícolas producidas en el CDDT de la DAPCA del VISAN-MAGA, para que sirva de apoyo para que los beneficiarios que implementan huertos con este tipo de insumo, obtengan en sus hogares buena producción de alimentos. Lo más importante que se pudo observar es que no todas las actividades se realizan con un enfoque amigable con el medio ambiente, pero todas las personas que laboran en este lugar tienen la buena voluntad de realizar actividades que conlleven a la mejora continua para minimizar pérdidas de producción y aumentar su productividad. Todas las situaciones que provocan inconvenientes en la producción tienen soluciones de manera empírica, lo cual ha provocado pérdida de plántulas o entrega de este insumo a los beneficiarios con características inapropiadas para la siembra, dando al final como resultado que las personas no obtengan producción de cultivos hortícolas en sus hogares.
2. A través del diagrama de flujo del proceso de producción de plántulas se pudo observar que las operaciones realizadas se encuentran con largas distancias de recorrido, debido a que la distribución de las subáreas están limitadas por la falta de existencia de lugares apropiados, así como también la mala ubicación de las bodegas de materia prima, equipo, accesorios y herramientas necesarias para la ejecución de las actividades, lo que provoca el uso de lugares inadecuados para el resguardo de los mismos. Para realizar la actividad de cosecha de plántulas no existe un

lugar específico lo cual ocasiona que se tenga que utilizar el área de capacitación o el área de abono orgánico. Las acciones de mejora continua que se describen en esta tesis son en base al análisis del diagrama de flujo actual en comparación a uno que se propone en cada una de las etapas del proceso de producción de plántulas, dando con resultado una reducción de 10 082,16 minutos y la incorporación de nuevas actividades necesarias para mejorar la eficiencia.

3. En el transcurso del año 2019 se hubiera podido tener una mayor cobertura de huertos implementados con plántulas ya que la capacidad de producción de los dos invernaderos instalados en el CDDT es de 500 000 plántulas mensuales, lo cual refleja una baja productividad ya que en el transcurso de dicho año solo se produjeron 517 450 plántulas. El análisis no se pudo realizar con la producción del año 2020 debido a la irregularidad de producción y de actividades de la DAPCA a causa de la emergencia sanitaria Covid-19, Decreto Gubernativo No. 5 - 2 020.
4. Por medio de las visitas y reuniones con el personal de CDDT se obtuvo información para realizar una evaluación de las técnicas utilizadas en la producción de plántulas aplicando el uso de Buenas Prácticas Agrícolas y el Manejo Sostenible lo cual ayudo a identificar por medio del Análisis de Riesgos y Puntos Críticos la falta de conocimiento y de aplicación de algunas normas y controles necesarios para evitar enfermedades en las plántulas.
5. Se utilizaron flujogramas para tener una mejor observación de las actividades y de los controles implementados por el CDDT en cada etapa de producción de plántulas en donde se identificaron 24 riesgos de los cuales al realizar un análisis por medio del árbol de decisiones se identificaron 18 puntos críticos de control que son necesarios mantener

bajo vigilancia para eliminar agentes patógenos que puedan contaminar a las plántulas.

6. Para cada PCC se planteó un procedimiento de monitoreo, estableciendo: que, como y donde se monitoreara, con qué frecuencia se realizara, la persona responsable de efectuar el monitoreo y cuáles serán los límites críticos para evitar la pérdida de control de las operaciones para que no afecten la seguridad de las plántulas, así como también las acciones correctivas aplicables si existiera una desviación. Se plantean fichas de recolección de información para el registro de datos necesarios para el monitoreo de los PCC.
7. En todas las subáreas de producción de plántulas se generan desechos producidos por las actividades humanas siendo su forma de extracción de una forma inadecuada ya que los contenedores que se utilizan para la recolección de basura no cuentan con identificación lo cual puede perjudicar la salud del personal y minimizar la eficiencia y eficacia de la producción. Los residuos orgánicos son llevados en las bandejas plásticas de siembra a un cajón de cemento en el área de abono orgánico para luego ser clasificados para la producción de humus de lombriz. Los materiales plásticos como los envases de bebidas gaseosas son utilizados para realizar huertos verticales. En el CDDT no cuentan con una adecuada conducción de los efluentes líquidos.
8. La capacitación que reciben las personas que laboran en el CDDT tiene una periodicidad baja y cuenta solamente con temas en relación a la actividad laboral que realizan siendo esta escasa de información de las normas de Buenas Prácticas Agrícolas, así como también de Manejo Sostenible.

RECOMENDACIONES

1. Utilizar un método enfocado en tener mejora continua implementando cambios graduales en corto tiempo relacionados con Buenas Prácticas Agrícolas y el Manejo Sostenible, propiciando una cultura organizacional comprometida a progresar constantemente. Se recomienda la creación de un plan de mejora continua utilizando el método Deming debido a que su aplicación es cíclica porque no tiene un punto final. La mejora continua tiene que ser con una orientación basada en la prevención para evitar problemas que tienen incidencia y con ello tener mejoras en la calidad de las plántulas y en el trabajo en equipo para alcanzar con éxito los objetivos de la DAPCA. Es indispensable el apoyo que la DAPCA proporcione para la implementación de mejora continua no solo para la implementación de nuevas iniciativas de cambio sino también para reafirmar el tipo de comportamiento laboral deseado.
2. Reducir las distancias existentes entre las actividades de producción, así como también ampliar la construcción de la subárea de lavado, secado y siembra en bandejas para el almacenamiento de semilla, bandejas plásticas, Peat Moss y cajas plásticas de traslado de plántulas. Para entregar plántulas saludables a los beneficiarios de la DAPCA se propone que se implemente la actividad de lavado y desinfección de cajas plásticas para el transporte de plántulas y con ello eliminar contaminación microbiológica.
3. Implementar las subáreas de cámara de germinación y cosecha de plántulas para tener como resultado reducción del tiempo de producción y

aumento de productividad en el CDDT. Para tener un mejor aprovechamiento de la capacidad instalada del CDDT sería conveniente generar una estrategia informativa a nivel municipal de los proyectos que se desarrollan por medio de la DAPCA para que más personas y establecimientos puedan solicitar la implementación de huertos con insumos de plántulas hortícolas.

4. Normar un sistema de gestión de calidad para el desarrollo de actividades de Buenas Prácticas Agrícolas y de Manejo Sostenible, estableciendo en el CDDT registros de control para evitar que los beneficiarios reciban plántulas enfermas y que al final no tendrán cultivo de hortalizas en sus casas.
5. Implementar el sistema HACCP en el CDDT ya que está diseñado para ser realizado en cualquier etapa de un proceso de alimentación desde su cultivo hasta su cosecha, lo cual permita dar seguimiento al desarrollo de las actividades mediante un control eficiente de peligros físicos, biológicos y químicos y con ello eliminar los riesgos de contaminación y pérdidas en la producción teniendo como beneficios la disminución de costos operativos, reducción de la destrucción de plántula inapropiadas para la siembra, mejorar la seguridad de las personas que laboran en el CDDT, uso más eficiente de los recursos y aumento en la confiabilidad de los beneficiarios en la implementación de huertos.
6. Invertir en las instalaciones de los invernadero con el propósito de reducir plagas o enfermedades y producir plántulas de calidad, por lo cual es necesario que se adquiera los equipos e instrumentos necesarios para realizar la recolección de datos confiables ya que trabajar de forma práctica da una baja visualización de todos los riesgos que pueden estar afectando la producción. Cuando surja una pérdida o una desviación

deberá de investigarse a profundidad la causa, analizarse y seleccionar las acciones correctivas más apropiadas para eliminar la fuente de contaminación ya que puede ocasionar pérdida total de las plántulas producidas.

7. Implementar un plan de manejo ambiental de desechos sólidos, líquidos y contaminantes tóxicos teniendo como referencia lo descrito en esta tesis y lo señalado en la legislación del país, ejecutando las medidas de seguridad e higiene establecidas por el Ministerio de Trabajo y Previsión Social y el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación ya que todo residuo generado deberá ser clasificado, identificado y ubicado en lugares apropiados para la eliminación o reciclado de los mismos utilizando el código de colores y símbolos establecidos por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.
8. Realizar capacitaciones dirigidas al personal de la DAPCA y a los beneficiarios de implementación de huertos en relación a la aplicación de técnicas de Buenas Prácticas Agrícolas y de Manejo Sostenible agrícola para mejorar las aptitudes personales forjando conciencia y responsabilidad en cuanto a la conservación del medio ambiente.

BIBLIOGRAFÍA

1. Acuerdo Gubernativo 377-90 Artículo 131. *Reglamento Sobre Registro, Comercialización, Uso Y Control De Plaguicidas Agrícolas Y Sustancias Afines*. 1990. [en línea]. <<https://www.mspas.gob.gt/images/files/saludabmiente/regulacionesvigentes/AgroquimicosPlaguicidas/AcuerdoGubernativo37790.pdf>>. [Consulta: 26 de julio de 2020].
2. ASSURED. *Kit de análisis de agua completo con medidor TDS*. [en línea]. <<https://www.amazon.com/-/es/Kit-an%C3%A1lisis-agua-completo-medidor/dp/B01EUDOF00>>. [Consulta: 20 de octubre de 2020].
3. BARRIENTOS, Yesi. *Buenas Prácticas Agrícolas*. 2019. [en línea]. <<https://prezi.com/p/844vczprpjmh/buenas-practicas-agricolas/>>. [Consulta: 04 de abril 2020].
4. Cooperativa Integral Agrícola Ixb'alam R L. *Plan de Negocios*. 2018. [en línea]. <https://issuu.com/proyectopprcc/docs/plan_de_negocios_sistema_agropecuar>. [Consulta: 22 de abril de 2020].
5. DAPCA. *Funciones del DAPCA Abril 2020*. Dirección de apoyo a la Producción Comunitaria de Alimentos MAGA-VISAN. Guatemala. 2020. 26 p.

6. _____. *Informe de ejecución 2018*. Dirección de apoyo a la Producción Comunitaria de Alimentos MAGA-VISAN. Guatemala. 2018. 12 p.
7. _____. *Informe de ejecución 2019*. Dirección de apoyo a la Producción Comunitaria de Alimentos MAGA-VISAN. Guatemala. 2019. 8 p.
8. DAVINCI SAS. *Tapetes Desinfección*. [en línea]. <<https://www.davincitapetes.com/tapetes-desinfeccion/>>. [Consulta: el 16 de septiembre 2020].
9. Department of Agriculture. *Food Safety and Inspection Service*. [en línea]. <https://www.fsis.usda.gov/sites/default/files/media_file/2020-08/93-016F_0.pdf>. [Consulta: 18 de abril de 2020].
10. DIARIO EL COMERCIO. *Claves para el uso de la bandeja de desinfección de calzado*. 2020. [en línea]. <<https://www.elcomercio.com/tendencias/claves-bandeja-desinfeccion-calzado-coronavirus.html>>. [Consulta: 22 octubre de 2020].
11. DOMOELECTRA. *Tienda Online*. [en línea]. <<https://www.domoelectra.com/tiendaonline/612-luxmetro-digital-mastech-ms6610>>. [Consulta: 2 de septiembre 2020].
12. ELITECH. *Productos de Monitoreo*. [en línea]. <<https://www.elitechustore.com/products/elitech-bt-3-lcd-indoor-outdoor-digital-hygrometer-thermometer-humidity-monitor-with-clock-and-min-max-value>>. [Consulta: 2 de septiembre de 2020].

13. FAO. *Agricultura Sostenible*. 2014. [en línea]. <<http://www.fao.org/3/a-i5754s.pdf>>. [Consulta: 29 de agosto de 2020].
14. _____. *La Agricultura Familiar alimenta a Guatemala y es base estructural del desarrollo rural integral y sostenible*. 2016. [en línea]. <http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/FAO-countries/Guatemala/docs/FAO-La_Agricultura_Familiar_B-N.pdf>. [Consulta: 28 de abril de 2020].
15. _____. *Los fertilizantes y su uso*. 2002. [en línea]. <<http://www.fao.org/3/a-x4781s.pdf>>. [Consulta: 14 de julio de 2020].
16. _____. *Sistema de análisis de peligros y de puntos críticos de control (HACCP) y directrices para su aplicación*. 1997. [en línea]. <<http://www.fao.org/3/y1579s/y1579s03.htm>>. [Consulta: 12 de abril de 2021].
17. FAO/OIEA. *Manual Sobre la Aplicación del Sistema de Análisis de Peligros y de Puntos Críticos de Control (APPCC) en la Prevención y Control de las Micotoxinas*. 2003. [en línea]. <http://www.fao.org/3/Y1390S/y1390s0g.htm>. [Consulta: 10 abril 2021].
18. HALÉCO. *Almacenamiento de Sustancias Peligrosas con Seguridad*. [en línea]. <<http://www.haleco.es/producto/045-832-07-armario-de-seguridad-para-productos-fitosanitarios/>>. [Consulta: el 10 de octubre 2020].

19. INFOAGRO. *Trampas Cromáticas*. [en línea]. <<https://www.facebook.com/infoagronomo/posts/colores-utilizados-en-trampas-para-el-manejo-integrado-de-insectos-plaga/1419126558219462/>>. [Consulta: 13 de septiembre de 2020].
20. Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá. *Buenas Prácticas Agrícolas BPA*. 2006. [en línea] <https://ziladoc.com/download/buenas-prcticas-agrcolas_pdf>. [Consulta: 14 de julio de 2020].
21. INTAGRI. *Control Biológico de Plagas en Invernadero*. 2015. [en línea]. <<https://www.intagri.com/articulos/fitosanidad/control-biologico-plagas-invernadero>>. [Consulta: 15 de julio de 2020].
22. J&D MANUFACTURING. *Recipiente para pediluvio para Invernadero*. [en línea]. <<https://www.agriexpo.online/es/prod/j-d-manufacturing/product-177206-27742.html>>. [Consulta: 22 de octubre de 2020].
23. JOHNSON, Dennis. *HACCP & U.S. Food Safety Guide*. Estados Unidos. American Institute of Food Distribution, Food Institute. 2000. 366 p.
24. LARDIZABAL, Ricardo. *Manual de producción de plántulas en bandejas*. Honduras. MCA-Honduras. 2007. 23 p
25. LEROY, Merlyn. *¿Cómo funciona el riego por microaspersión?*. [en línea]. <<https://comunidad.leroymerlin.es/t5/Bricopedia-Jardiner%C3%Ad a/C%C3%B3mo-funciona-el-riego-por-microaspersi%C3%B3n/ta-p/102029>>. [Consulta: 21 de abril de 2020].

26. MARN. *Guía para la Identificación Gráfica de los Residuos Sólidos Comunes*. Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. Guatemala. 2018. 16 p.
27. MONJE, Miguel. *Calidad del Agua de Riego*. 2017. [en línea]. <<https://www.iagua.es/blogs/miguel-angel-monge-Redondo/interpretacion-analisis-agua-riego>>. [Consulta: 18 de octubre de 2020].
28. OLVERA, Luisa. *Cómo crear un plan de aseguramiento de calidad*. 2019. [en línea]. <<https://luisaolvera.com/c-mo-crear-un-plan-de-aseguramiento-de-calidad/>>. [Consulta: 16 de marzo 2021].
29. PREVENCOM. *Que son los fitosanitarios*. [en línea]. <[http://prevencom.es/fitosanitarios/#:~:text=El%20producto%20fitosanitario%20o%20plaguicida,\(rodenticidas\)%2C%20hongos%20\(fungicidas\)](http://prevencom.es/fitosanitarios/#:~:text=El%20producto%20fitosanitario%20o%20plaguicida,(rodenticidas)%2C%20hongos%20(fungicidas))>. [Consulta: 10 de octubre de 2020].
30. Red de BPA. *Buenas Prácticas Agrícolas, Lineamientos de Base*. 2002. [en línea]. <<https://www.fao.org/3/a1374s/a1374s02.pdf>>. [Consulta: 07 de julio de 2020].
31. RODRÍGUEZ, Lina. *Saneamiento en el invernadero*. 2015. [en línea]. <<https://www.canr.msu.edu/uploads/files/aabi/ghsp.pdf>>. [Consulta: 15 de julio de 2020].
32. TAPIA, Aurelio; RAMÍREZ José. *Invernaderos en México, diseño, construcción y manejo*. Chapingo México. Universidad Autónoma Chipingo. 2002. 163 p.

33. TORREZ, Manuel. *Agroquímicos*. 2014. [en línea]. < https://prezi.com/p/a_lqww8oxs5r/agroquimicos/?fallback=1>. [Consulta: 21 de abril de 2020].
34. TAYLOR, Joanne; TAYLOR, Eunice; TAYLOR, Jeremy; KANE, Kevin; SHANNON, Dave, *Food Safety and HACCP: The International Guide Sample*. Estados Unidos. Copyright Taylor Shannon International. 2013. 203 p.
35. UNED. *Procedimiento para Elaboración de Documentos y Registros*. 2017. [en línea]. <https://uned.cr/viplan/images/cppi/documentos/UNED-CPPI-PN-PR1_V15_Mayo_2017.pdf>. [Consulta: 22 de abril 2020].
36. USDA. *Guidebook of the preparation of HACCP plans*. [en línea]. <https://www.fsis.usda.gov/sites/default/files/media_file/2021-03/Guidebook-for-the-Preparation-of-HACCP-Plans.pdf>. [Consulta: 18 de Abril de 2020].
37. U.S. FOOD & DRUG. *Principios y pautas de aplicación de HACCP*. 2017. [en línea]. <<https://www.fda.gov/food/hazard-analysis-critical-control-point-haccp/haccp-principles-application-guidelines#princ>>. [Consulta: 18 de abril de 2020].
38. VÁSQUEZ, Carlos; OROZCO, Alma; ROJAS, Mariana; SÁNCHEZ, Mária; CERVANTES, Virginia. *Las Semillas*. [en línea]. <http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/157/htm/sec_5.htm>. [Consulta: 12 de julio de 2020].

APÉNDICE

Apéndice 1. Identificación de los puntos críticos de control para la producción de plántulas en el CDDT.

Identificación de los puntos críticos de control para la producción de plántulas en el CDDT							
Etapa	Tipo de Riesgo	Causa	Pregunta 1	Pregunta 2	Pregunta 3	Pregunta 4	Es un PCC
Programación de siembra	Biológico: Damping-Off.	Fecha de prueba o de expiración de la semilla.	SI	SI			PCC1
Programación de siembra	Biológico: Damping-Off y/o Xanthomonas campestris pv.	Condiciones inadecuadas para almacenaje de semillas.	SI	NO	SI	NO	PCC2
Lavado, secado y siembra en bandejas	Físicos: riesgos laborales.	Cortes o golpes del personal por falta de uso de EPP.	SI	SI			PCC3
Lavado, secado y siembra en bandejas	Biológico: Damping-Off.	Bandejas reutilizadas en mal estado.	SI	NO	NO		NO PCC
Lavado, secado y siembra en bandejas	Biológico: Damping-Off y/o Xanthomonas campestris pv.	Bandejas contaminadas con microorganismos.	SI	NO	SI	SI	NO PCC
Lavado, secado y siembra en bandejas	Biológico: agentes patógenos.	Incorrecta desinfección de las bandejas.	SI	SI			PCC4
Lavado, secado y siembra en bandejas	Biológico: bacterias fitopatógenas.	Falta de conocimiento de las propiedades del agua utilizada para el lavado de bandejas.	SI	NO	SI	SI	NO PCC
Lavado, secado y siembra en bandejas	Biológico: agentes patógenos.	Falta de uso de tapete sanitizante.	SI	SI			PCC5
Preparación de sustrato.	Biológico: síndrome proteico.	Humus de lombriz con baja cantidad de nutrientes y pH inadecuado.	SI	NO	NO		NO PCC
Preparación de sustrato.	Biológico: Damping-Off.	Preparación errónea del sustrato de germinación.	SI	SI			PCC6
Preparación de sustrato.	Biológico: bacterias fitopatógenas.	Falta de conocimiento de las propiedades del agua utilizada para la preparación del sustrato de germinación.	SI	NO	SI	SI	NO PCC
Lavado de cajas plásticas para transporte de plántulas.	Biológico: agentes patógenos.	Falta de Uso de EPP.	SI	SI			PCC7
Lavado de cajas plásticas para transporte de plántulas.	Biológico: Xanthomonas campestris pv.	No se realiza lavado y desinfección de la caja utilizada para el transporte de plántulas.	SI	NO	SI	NO	PCC8
Lavado de cajas plásticas para transporte de plántulas.	Biológico: bacterias fitopatógenas.	Falta de conocimiento de las propiedades del agua utilizada para el lavado de cajas.	SI	NO	SI	SI	NO PCC
Producción de plántulas	Biológico: Damping-Off de preemergencia.	Siembra de la semilla a inadecuada profundidad.	SI	SI			PCC9
Producción de plántulas	Biológico: Damping-Off.	Niveles inadecuados de humedad, temperatura y gases dentro de la cámara germinadora.	SI	SI			PCC10
Producción de plántulas	Biológico: Pythium.	Niveles inadecuados de humedad, temperatura, luminosidad dentro del invernadero.	SI	SI			PCC11
Producción de plántulas	Biológico: Pythium, Pseudomonas o Xanthomonas.	Poco control en el sistema de riego.	SI	SI			PCC12
Producción de plántulas	Biológico: bacterias fitopatógenas.	Falta de conocimiento de las propiedades del agua utilizada para riego.	SI	NO	SI	NO	PCC13
Producción de plántulas	Químico: tóxico o muy tóxico.	Deficiencia en el manejo y control de plagas.	SI	SI			PCC14
Producción de plántulas	Biológico: agentes patógenos.	Acumulación de aguas pluviales dentro del invernadero.	SI	NO	SI	NO	PCC15
Producción de plántulas	Biológico: enfermedades bacterianas.	Limpieza inadecuada de las herramientas de trabajo.	SI	SI			PCC16
Producción de plántulas	Biológico: agentes patógenos.	Falta de implementación de pediluvio.	SI	SI			PCC17
Producción de plántulas	Biológico y químico: agentes patógenos.	Falta de uso de EPP.	SI	SI			PCC18

Fuente: elaboración propia.