

**UNIVERSIDAD PARA LA COOPERACIÓN INTERNACIONAL
(UCI)**



**PROPUESTA TÉCNICA-AMBIENTAL PARA ASEGURAR LA INOCUIDAD
DE FRESAS CULTIVADAS EN CARTAGO, COSTA RICA**

RONNY CORTÉS PANIAGUA

**PROYECTO FINAL DE GRADUACIÓN PRESENTADO COMO REQUISITO
PARCIAL PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE MASTER EN GERENCIA DE
PROGRAMAS SANITARIOS EN INOCUIDAD DE ALIMENTOS**

San José, Costa Rica

Junio, 2011

**UNIVERSIDAD PARA LA COOPERACIÓN INTERNACIONAL
(UCI)**

Este Proyecto Final de Graduación fue aprobado por la
Universidad como Requisito parcial para optar al grado de
Máster en Gerencia de Programas Sanitarios en Inocuidad de Alimentos

Rooel Campos Rodríguez
PROFESOR TUTOR

Arturo Enrique Inda Cunningham
LECTOR

Ronny Cortés Paniagua
SUSTENTANTE

DEDICATORIA

A mis abuelos que ya han partido y a los que aún me acompañan.

A mis padres a quienes debo todo.

AGRADECIMIENTOS

- A Dios por las infinitas y valiosas oportunidades.
- A mis padres, hermanos y abuelos por su permanente apoyo y motivación.
- A mi tutor, Ingeniero Rooel Campos Rodríguez por su paciencia e invaluable sugerencias.
- Al Doctor Arturo Enrique Inda Cunningham por sacar un poco de su valioso tiempo para leer mis escritos.
- A mi tío, Dr. Roberth Vega, por tanto apoyo.
- Al señor Claudio Orozco Solano y al Ingeniero Agrónomo Norberto Barrantes Gómez, ambos funcionarios del Centro Nacional Especializado en Agricultura Orgánica (C.N.E.A.O.) del Instituto Nacional de Aprendizaje de Costa Rica.
- A la Ingeniera Carmen Durán Ruiz, Directora del Centro Nacional Especializado en Agricultura Orgánica (C.N.E.A.O.) del Instituto Nacional de Aprendizaje de Costa Rica.
- A los productores de fresa de Llano Grande que amablemente ofrecieron información y ayuda valiosa para la realización de éste proyecto.

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO.....	ii
ÍNDICE.....	iii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vi
ÍNDICE DE ABREVIATURAS.....	vii
RESUMEN EJECUTIVO.....	viii
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Problemática.....	3
1.3 Justificación del problema.....	5
1.4. Objetivo general.....	6
1.4.1 Objetivos específicos.....	6
2. MARCO TEÓRICO.....	7
2.1 MARCO REFERENCIAL O INSTITUCIONAL.....	7
2.2 MARCO CONCEPTUAL.....	7
2.2.1 Origen e historia.....	7
2.2.2 Nombre científico.....	8
2.2.3 Nombres comunes.....	8
2.2.4 Descripción botánica de la fresa.....	9
2.2.5 Propiedades de la fresa.....	11
2.2.6 Zonas de cultivo y épocas de siembra.....	12
2.2.7 Clima y suelos.....	12
2.2.8 Cultivo tradicional de la fresa.....	13
2.2.8.1 Coberturas de suelo.....	14
2.2.9 Riego.....	16
2.2.10 Fertilización.....	16
2.2.11 Prevención y control de enfermedades fúngicas.....	17
2.2.11.1 Enfermedades de la raíz y del cuello.....	19
2.2.11.2 Enfermedades del follaje.....	22
2.2.11.2.1 Viruela: <i>Mycosphaerella fragariae</i>	22
2.2.11.2.2 Manchas de las hojas: <i>Denrophoma sp.</i> y <i>Diplocarpon sp.</i>	23
2.2.11.2.3 Mancha angular: <i>Xanthomonas sp.</i>	24
2.2.11.3 Enfermedades de la flor y el fruto.....	25
2.2.11.3.1 Botritis (Moho Gris).....	25
2.2.12 Control de insectos.....	27
2.2.13 Clasificación de productos agrícolas con base al riesgo de contaminación.....	28
2.2.14 Cultivo orgánico de la fresa.....	30
2.2.15 Lombricultura: Concepto e historia.....	31
2.2.16 Concepto de Calidad.....	33
2.2.16.1 Factores que afectan la calidad.....	34
2.2.16.1.1 Factores precosecha.....	34

2.2.16.1.2 Factores cosecha y poscosecha	35
2.2.17 Concepto de inocuidad	35
2.2.17.1 Peligros	37
2.2.18 Enfermedades transmitidas por alimentos (ETA).....	38
3. MARCO METODOLÓGICO	41
3.1 Fuentes de información	41
3.1.1 Fuentes Primarias	41
3.1.2 Fuentes Secundarias	41
3.2 Técnicas de Investigación	42
3.3 Método de Investigación	42
3.3.1 Método analítico-sintético	43
3.3.2 Método inductivo-deductivo	43
3.3.3 Método de observación.....	43
4. DESARROLLO.....	44
4.1 RESULTADOS	44
4.1.1 BPA: Aseguramiento de la calidad e inocuidad	47
4.1.2 Riego.....	48
4.1.3 Fertilización.....	52
4.1.4 Prevención y control de enfermedades de las fresas.....	53
4.1.4.1 Prevención de enfermedades de las fresas	53
4.1.4.2 Principales enfermedades de las fresas en Llano Grande.....	54
4.1.4.3 Control de enfermedades.....	55
4.1.5 Impacto ambiental ocasionado por el cultivo de las fresas	57
4.2 PROPUESTA TÉCNICA-AMBIENTAL	60
4.2.1 BPA: Aseguramiento de la calidad e inocuidad	61
4.2.1.1 Agentes de contaminación de las fresas.....	61
4.2.1.1.1 Agua.....	61
4.2.1.1.2 Estiércol y abonos orgánicos	62
4.2.1.1.3 Suelo.....	62
4.2.1.1.4 Plaguicidas y fertilizantes químicos.....	62
4.2.1.1.5 Salud e higiene de los trabajadores	63
4.2.1.1.6 Herramientas, máquinas, equipos e instalaciones.....	63
4.2.1.1.7 Transporte.....	63
4.2.1.2 Buenas prácticas agrícolas (BPA).....	64
4.2.2 Riego.....	66
4.2.3 Plan de fertilización de las fresas con lombriabono	68
4.2.3.1 Importancia de la lombricultura para minimizar el impacto ambiental	68
4.2.3.2 Beneficios de la lombricultura	68
4.2.3.2.1 Uso del abono de lombriz en plantaciones de fresa.....	68
4.2.3.2.2 Uso de la carne de lombriz	71
4.2.3.2.3 Posibles usos de la harina de lombriz.....	71
4.2.3.2.4 Posibles usos del lixiviado de lombriz	71
4.2.3.3 Manejo del lombriabono: cuidados a lo largo del proceso	72
4.2.3.4 Aplicación del lombriabono en el cultivo de fresa	74

4.2.4	Prevención y control biológico de enfermedades fúngicas	75
4.2.4.1	Uso de hongos biocontroladores.....	75
4.2.4.1.1	<i>Trichoderma sp.</i>	77
4.2.4.1.2	<i>Gliocladium sp.</i>	77
4.2.4.2	Ventajas del uso de hongos biocontroladores	78
4.2.4.3	Desventajas del uso de hongos biocontroladores.....	79
4.2.4.4	Recomendaciones al utilizar biocontroladores.....	80
4.2.5	Alternativas para reducir el impacto ambiental	82
5.	CONCLUSIONES	84
6.	RECOMENDACIONES	86
7.	BIBLIOGRAFÍA	87
8.	ANEXOS	94
	Anexo 1: ACTA DEL PROYECTO FINAL DE GRADUACIÓN.....	94
	Anexo 2: PRODUCCIÓN MASIVA DE BIOCONTROLADORES.....	97

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de Costa Rica.....	1
Figura 2. Fotografía de fresas.....	9
Figura 3. Partes del fruto de la fresa.....	10
Figura 4. Planta de fresa.....	11
Figura 5. Uso de cobertura en el cultivo de fresas.....	15
Figura 6. Planta de fresa infectada con <i>Rhizoctonia sp.</i>	19
Figura 7. Raíz de fresa con <i>Phytophthora fragariae</i> (Estela roja).	20
Figura 8. Plantas de fresa sana e infectada con <i>Verticillium sp.</i>	21
Figura 9. Fresa con <i>Mycosphaerella fragariae</i>	22
Figura 10. Hoja de fresa con <i>Xanthomonas fragariae</i>	24
Figura 11. Fresa con <i>Botrytis cinerea</i> (Moho Gris).....	25
Figura 12. <i>Gliocladium roseum</i>	26
Figura 13. Fresas producidas en Llano Grande de Cartago, CR.....	44
Figura 14. Coberturas plásticas para el cultivo de fresas.....	45
Figura 15. Plantación de fresas sin cercas o barreras.....	48
Figura 16. Reservorio de agua proveniente de ríos; sin cercas o barreras.....	49
Figura 17. Insectos muertos dentro del reservorio de agua.....	50
Figura 18. Sistema de fertirrigación del cultivo de fresas.....	51
Figura 19. Fresa afectada por <i>Botrytis cinerea</i>	54
Figura 20. Uso negligente de productos altamente peligrosos.....	58
Figura 21. Canastilla plástica empleada para el empaque de fresas.....	59
Figura 22. Preparación de lombriabono a partir de fresas.....	69
Figura 23. <i>Eisenia foetida</i> procesando residuos de cebolla.....	69
Figura 24. Lixiviado de lombriz expuesto a contaminación.....	71
Figura 25. Prueba de antagonismo de <i>Trichoderma sp.</i> vrs. <i>Fusarium sp.</i>	75
Figura 26. Preparación de matrices de antagonistas.....	97
Figura 27. Preparación de bolsas con <i>Trichoderma sp.</i>	98

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

° C	Grados centígrados
a.C.	Antes de Cristo
ATTRA	Appropriate Technology Transfer For Rural Areas
BPA	Buenas prácticas agrícolas
CONAFRE	Consejo Nacional de la Fresa, MX
CNEAO	Centro Nacional Especializado En Agricultura Orgánica, CR
DDT	Dicloro Difenil Tricloroetano
ETA	Enfermedades transmitidas por alimentos
g	Gramo
Ha	Hectárea
INA	Instituto Nacional de Aprendizaje, CR
Kg	Kilogramo
L	Litro
MAG	Ministerio de Agricultura y Ganadería, CR
MIP	Manejo Integrado de Plagas
ml	mililitro
mm.	milímetro
m.s.n.m.	Metros sobre el nivel del mar
OMRI	Organic Material Review Institute
PCNB	Pentacloronitrobenceno
PFPAS	Programa de Fomento de la Producc. Agropecuaria Sostenible
PRA	Producto de riesgo alto
PRB	Producto de riesgo bajo
PRM	Producto de riesgo medio
PVC	Policloruro de vinilo
POES	Procedimientos operativos estandarizados de sanitización
UNA La Molina	Universidad Nacional Agraria La Molina, PE.

RESUMEN EJECUTIVO

La fresa es una de las frutas preferidas por los costarricenses, que por lo general las adquieren en los mercados locales y las utilizan para consumirlas en fresco, como postre y en la preparación de mermeladas, conservas o bebidas. Se consideran Productos de Riesgo Alto (PRA), que tienen alta probabilidad de sufrir contaminación microbiana, debido a que se consumen frescas, la cáscara se consume, la superficie comestible es difícil o imposible de lavar y el proceso de lavado puede dañar la fresa ya que la fruta está sobre o muy cerca del suelo.

Llano Grande de Oreamuno es una zona de Costa Rica productora de fresas y las autoridades del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) han empezado a dirigir sus esfuerzos hacia este sector, con la intención de conocer la forma en que los productores están trabajando y de promover mejores prácticas agrícolas que reduzcan los peligros físicos, químicos y microbiológicos que las fresas mal manejadas pueden acarrear para los consumidores y para el medio ambiente.

El objetivo general de este trabajo fue proponer un plan técnico-ambiental para asegurar la inocuidad de fresas cultivadas en Cartago, Costa Rica. En la primera sección se describe la forma en que los productores están manejando el cultivo de fresas; en la segunda parte se plantea una serie de recomendaciones que ayudarán a mejorar las prácticas actuales, en busca de asegurar la inocuidad de las fresas y de reducir el impacto de esta actividad sobre el medio ambiente.

Se trabajó en cinco ejes: 1) las prácticas agrícolas inadecuadas y las buenas prácticas agrícolas (BPA); 2) las deficiencias del sistema de riego y los cambios sugeridos; 3) la fertilización química y la basada en abono de lombriz; 4) el control de enfermedades con fungicidas sintéticos y su prevención-control basada en controladores biológicos antagonistas; por último, 5) el impacto ambiental que la producción de fresas genera y los cambios que se pueden realizar para mitigarlo.

En primer lugar se determinó que los productores relacionan la inocuidad de las fresas únicamente con la presencia de trazas de productos químicos y por lo tanto pareciera que desconocen la existencia de los peligros físicos y microbiológicos que pueden afectar la inocuidad de las fresas.

Se documentaron prácticas inadecuadas que, a pesar de ser conocidas, se siguen realizando. Por ejemplo los colaboradores aseguran que en ocasiones la gente mixiona o defeca en los márgenes de las fincas y luego retoman las labores sin un adecuado lavado y desinfección de manos. También se detectó la carencia de cercos o barreras que impidan que los animales ingresen a los cultivos.

Se concluye que el sistema de riego empleado por los cultivadores de fresas en Llano Grande presenta una serie de problemas que podrían comprometer la inocuidad de las fresas que en esta zona se producen y comercializan. La mayoría de aguas no son apropiadas para riego debido a que provienen de ríos, están

almacenadas en reservorios a la intemperie y permanecen completamente expuestas a diversas fuentes de contaminación, que de llegar a las fresas las convertiría en producto no apto para el consumo humano.

Se determinó que predomina la fertilización química del cultivo de fresa y esto genera contaminación debido al mismo producto y a la inadecuada disposición de los empaques. La utilización del lombríbono como fertilizante puede convertirse en un excelente medio para reutilizar los residuos y remanentes de las cosechas y para aportar al cultivo de fresa los nutrientes que requiere, lo cual permitiría prescindir paulatinamente del abasto de fertilizantes sintéticos.

En las plantaciones de fresas de Llano Grande no existen planes prevención de enfermedades causadas por hongos, consecuentemente se da una utilización masiva de fungicidas sintéticos para el control de estas enfermedades. Debido a que los fungicidas sintéticos no están dando un buen resultado, existe un interés compartido por conocer y emplear controladores biológicos y esto genera una necesidad latente de capacitación a los cultivadores de fresa de Llano Grande.

Todas las experiencias y situaciones documentadas a lo largo de esta investigación permiten comprender que el cultivo de la fresa produce un fuerte impacto ambiental, que podría afectar los ecosistemas y todos sus componentes, la salud humana, la disponibilidad en cantidad y calidad del recurso hídrico, la calidad fisicoquímica y microbiológica del suelo, por décadas.

Se recomienda que las instituciones estatales vinculadas con la producción de fresas inicien planes de motivación, de concientización y de capacitación en temas de BPA e inocuidad, que involucren al mayor número posible de productores de fresa, sean productores o colaboradores.

A las universidades estatales, que valoren la calidad de las aguas que se utilizan para el riego de las plantaciones de fresa y propongan un plan global de gestión de los sistemas de riego, que permita asegurar la inocuidad de las fresas.

Se insta al INA y al MAG para que emprendan planes de capacitación para productores de fresa en el tema de utilización de fertilizantes y fungicidas de origen orgánico, que permita reducir la dependencia de los productos sintéticos y además que posibilite la preservación de recursos para las futuras generaciones.

A las instituciones vinculadas con el sector salud se les recomienda que inicien campañas de concientización sobre la importancia de realizar un correcto lavado y desinfección de las fresas, con el propósito de reducir la posibilidad de sufrir afectaciones de salud debido al consumo de fresas contaminadas.

La implementación de las recomendaciones que en este documento se ofrecen permitirá: reducir la dependencia de los agroquímicos, disminuir el impacto ambiental, asegurar la inocuidad de las fresas, garantizar el bienestar físico del personal de las fincas, reducir gastos por problemas de salud y mejorar la imagen del sector agrario costarricense ante los mercados internacionales.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

Cartago es la provincia número tres de Costa Rica y se encuentra al este del Valle Central (Figura 1). Sus suelos son de origen volcánico y los registros pluviales indican 1600 mm. de precipitación anual.



Figura 1. Mapa de Costa Rica.

Fuente: Geografía En La Guía. 2000. Geografía de Costa Rica: Generalidades. En: <http://geografia.laguia2000.com/geografia-regional/america/costa-rica-generalidades>

Cartago es una provincia de tradición agrícola y a lo largo de décadas, las familias se han dedicado a la producción de papas, flores y fresas, principalmente. El Ministerio de Agricultura y Ganadería de Cartago cuenta con un registro de 95 Ha. ubicadas en Llano Grande de Oreamuno, que pertenecen a aproximadamente 100 productores que se dedican a la producción de fresas.

Al requerir de una gran cantidad de mano de obra, socialmente el cultivo de la fresa ofrece a los vecinos de Llano Grande los siguientes beneficios:

- ✓ Propicia el arraigo de la población, reduciendo la migración de la fuerza laboral, principalmente de los jóvenes.
- ✓ Contribuye a evitar la ruptura del tejido social, a través de la unión familiar al presentarse posibilidades de empleo en cultivos.
- ✓ Reduce las condiciones propicias de la delincuencia, al brindar fuentes de trabajo.
- ✓ Contribuye a lograr una mejor calidad de vida, poniendo al alcance de los productores, trabajadores y empleados en todos los niveles, los servicios de salud, mejor infraestructura, mejor nivel de vida, etc.

Así, el cultivo tradicional de las fresas ha generado muchos beneficios para las familias de Cartago, especialmente de Llano Grande y estas mismas fresas han deleitado el paladar de los consumidores dentro y fuera de Costa Rica. Pero, recientemente las nuevas tendencias de protección del medio ambiente y del aseguramiento de la inocuidad de los alimentos, para que no representen un peligro para la salud del consumidor, han provocado que algunas de las personas involucradas se cuestionen si esta producción de fresas cumple con estas premisas (GFA Consulting Group, 2010).

Quienes se cuestionan sobre si las fresas producidas en Cartago son inocuas, buscan su respuesta en las fuentes de agua que se utilizan para riego, en el tipo

de fertilización (química, orgánica), en los protocolos utilizados para el control de enfermedades y en la aplicación de Buenas Prácticas Agrícolas (BPA).

1.2 Problemática

La fresa es un producto de riesgo alto (PRA) de contaminación y necesita mayores cuidados en la aplicación de las BPA. Los PRA son aquellos productos que tienen una alta probabilidad de sufrir contaminación microbiana debido a que presentan las siguientes características (Vestal *et al.*, s. f.; Inocuidad de los alimentos y su relación con la agricultura, 2006):

1. Se consumen frescos (crudos).
2. La cáscara de los mismos es consumida por el ser humano.
3. La superficie comestible no se puede lavar o su lavado es difícil.
4. El proceso de lavado puede dañar el producto.
5. La parte comestible del producto está sobre o muy cerca del suelo.

También se considera la fresa como un PRA debido a que, dada su vulnerabilidad a la degradación microbiana *pre* y *poscosecha*, es frecuente que los productores apliquen volúmenes importantes de agroquímicos sintéticos, que en algunos casos permanecen en los frutos que son comercializados, procesados y consumidos sin que el ingrediente activo se haya degradado, hecho que representa un peligro químico para la salud del consumidor y que en el peor de los casos se podría tratar de un producto prohibido o restringido debido a su toxicidad humana o residualidad ambiental.

La inocuidad de las fresas y el hecho de que se consideran un PRA también está ligada a la ausencia o presencia de peligros físicos, que aunque no son muy comunes, puede suceder que las fresas contengan algún tipo de material sólido que ponga en peligro la salud del consumidor al momento del consumo. Así, se

considera que es responsabilidad de todo el personal involucrado en el proceso, la aplicación de BPA que garanticen que las fresas que llegan al consumidor no representan ningún peligro físico.

Las fresas están expuestas a los peligros biológicos. Incluyen a algunos microorganismos y a sus productos metabólicos, que en algunos casos son tóxicos para el ser humano (Guédez *et al.*, 2009). De esta forma, los productores de fresas de Cartago así como sus colaboradores, deben hacer un análisis exhaustivo y en la medida de lo posible, hacer las modificaciones que se requieran, a fin de identificar y eliminar las principales fuentes de contaminación microbiana.

También es importante tomar en cuenta que tradicionalmente los productores de fresas en Cartago han desarrollado prácticas, que por un lado pretenden asegurar la calidad de las fresas pero que, por otro, menoscaban su inocuidad y finalmente esto puede afectar la salud del consumidor.

Entre esas prácticas destaca el uso de agua de acequias para riego del cultivo de fresas, esa misma agua se almacena en reservorios artesanales que se encuentran a la intemperie y sin delimitar, lo que puede representar que animales se acerquen y contaminen el agua. Dicha contaminación puede producir que las fresas que llegan al mercado no sean inocuas.

Otra de las prácticas inadecuadas consiste en el uso de agroquímicos para control de enfermedades bacterianas y fúngicas. En muchos de los casos se ha observado que no existe un plan de prevención y cuando aparecen los primeros síntomas se recurre al uso de agroquímicos, con demostrada residualidad y toxicidad.

Estas mismas prácticas, en ocasiones también afectan el equilibrio ambiental y paulatinamente van degradando y contaminando el aire, los suelos y las fuentes de agua. Por lo tanto, se ha convertido en una prioridad para las autoridades

locales detectar las prácticas ambientalmente inaceptables, los compuestos peligrosos, los responsables y las alternativas de mitigación o de corrección.

1.3 Justificación del problema

Visto desde una perspectiva integradora, el aseguramiento de la inocuidad de las fresas producidas en Cartago es necesario, debido a que permite:

- que el consumidor pueda consumir fresas frescas, sanas, saludables, sin que representen un peligro para su salud.
- que el productor no vea perjudicado sus niveles de ventas e ingresos.
- que no se produzca desempleo ni movilización de la fuerza laboral.
- que no se produzcan litigios o conflictos debido a problemáticas suscitadas por el consumo de fresas no inocuas, por ejemplo, las enfermedades.
- mejor calidad e inocuidad de las fresas dentro y fuera del mercado costarricense, como respuesta a las exigencias del mercado y a la oferta de fresas inocuas por parte de otros productores.
- una reducción en el número de pacientes que acuden a los servicios básicos de atención integral de la salud, en busca de tratamiento a dolencias provocadas por el consumo de frutas no inocuas, entre ellas las fresas.
- y de forma paralela, se provocaría un impacto ambiental menor, debido al empleo de BPA y de técnicas ambientalmente reguladas y aceptadas.

Así, la inocuidad de las fresas es posible si se mantiene un estricto control sobre una serie de factores, que bien podrían garantizar que su consumo sea seguro, o que por el contrario, en caso de no controlarse, podrían suscitar condiciones propicias para que las fresas pongan en peligro la salud de sus consumidores.

De esta forma, la propuesta técnica-ambiental para asegurar la inocuidad de Fresas cultivadas en Cartago, Costa Rica, ofrecerá una guía sobre el manejo

agronómico del cultivo que asegure una producción de fresas inocuas, a la vez que comprende las técnicas más amigables con el ambiente, procurando el beneficio del consumidor y del productor, con la menor afectación al medio ambiente y ofreciendo un impacto positivo, pero igualmente importante, al sistema de salud de Costa Rica.

1.4. Objetivo general

Proponer un plan técnico-ambiental para asegurar la inocuidad de fresas cultivadas en Cartago, Costa Rica.

1.4.1 Objetivos específicos

- 1.4.1.1 Explicar la importancia de asegurar la inocuidad de las fresas mediante la implementación de BPA a través de todo el ciclo del cultivo.
- 1.4.1.2 Sugerir un sistema de riego que evite la contaminación de las fresas con productos químicos y microorganismos peligrosos.
- 1.4.1.3 Diseñar un plan de fertilización de las fresas con abono de lombriz libre de microorganismos peligrosos para el ser humano.
- 1.4.1.4 Proponer un sistema sostenible para la prevención y el control biológico de enfermedades fúngicas en el cultivo de la fresa.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 MARCO REFERENCIAL O INSTITUCIONAL

La presente investigación se realizó en Llano Grande de Oreamuno, debido a que es la única localidad de la provincia Cartago en donde se producen fresas y según los datos del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) hay 95 Ha que pertenecen a 100 productores, dedicados a la producción de esta fruta.

Esta zona, se ubica en las faldas del volcán Irazú, caracterizada por presentar registros de temperatura muy amplios, que van de 5 a 30° Centígrados y en donde las 95 Ha que actualmente se encuentran produciendo fresas, en su mayoría a la intemperie (90%), están ubicadas en un rango de alturas que va desde los 1900 hasta los 2300 m.s.n.m.

Además, el tipo de suelo de la zona es de origen volcánico, presenta pH ácido, con deficiencias de magnesio y fósforo y se han encontrado algunos de estos suelos con exceso de hierro¹.

2.2 MARCO CONCEPTUAL

2.2.1 Origen e historia

Las fresas son plantas rastreras cuyo nombre proviene del latín “*fraga*” que significa fragancia. Se tienen datos que su centro de origen es Europa, específicamente Los Alpes y fueron descubiertas por los Romanos, quienes las cultivaron y eligieron como un alimento privilegiado y exclusivo para la clase noble (Sagñay, 2009; CONAFRE, 2007).

¹ Obando, H. 2011. Situación actual de los freseros en Llano Grande (entrevista). Cartago, CR.

Antes del descubrimiento de América, en Europa se cultivaban principalmente las especies *Fragaria vesca*, *Fragaria moschata* y *Fragaria alpina*, de tamaño pequeño pero de excelente calidad organoléptica. Con el descubrimiento de América se encontraron dos nuevas especies de mayor tamaño, una en Chile, *Fragaria chiloensis* L. y otra en Estados Unidos, *Fragaria virginiana* Duch, que por su tamaño, se les llamó fresones; fueron llevadas a Europa e hibridizadas y cuyo nombre científico es *Fragaria x Ananassa* Duch. Actualmente estas fresas grandes o fresones dominan el mercado y son producto de una serie de cruces que han permitido obtener las variedades que se cultivan en la mayoría de países (MAG, 2011; CONAFRE, 2007).

2.2.2 Nombre científico

La fresa pertenece a la Familia de las Rosáceas, Subfamilia Rosídeas, Género *Fragaria*, Especie: *Fragaria sp.* y actualmente se cultivan más de 1000 variedades a nivel mundial (UNA La Molina, 2011; CONAFRE, 2007).

2.2.3 Nombres comunes

“Fresa” o “frutilla” en español (CONAFRE, 2007).

“Fragola” en latín.

“Morongo” en portugués.

“Fraise” en francés.

“Strawberry” en inglés.

“Terdbeere” en alemán.

2.2.4 Descripción botánica de la fresa

La planta de fresa es pequeña, mide como máximo 50 cm. de altura, posee tallos rastreros nudosos y con estolones, presenta numerosas hojas trifoliadas de pecíolos largos, blancas por el envés, que se originan en una corona o rizoma muy corto, que se encuentra a nivel del suelo y constituye la base de crecimiento de la planta; en ella se encuentran tres tipos de yemas; unas originan más tallos, que crecen junto al primero, otras los estolones, que en contacto con el suelo emiten raíces y forman nuevas plantas y el tercer tipo de yemas, forman los racimos florales cuyas flores son hermafroditas y se agrupan en racimos (MAG, 2011; CONAFRE, 2007).



Figura 2. Fotografía de fresas.

Fuente: OBST Trautner. 2011. Die Erdbeere. En: http://www.obst-trautner.de/images/l_erdbeeren.jpg

El fruto maduro tiene hasta 5 cm. de diámetro de formas achatadas, globosa, cónica alargada, cónica alargada con cuello, en cuña alargada y en cuña corta. Su color puede ser rosado, carmín, rojo, o púrpura. Lo que se conoce como fruta de fresa es en realidad un falso fruto, producto de engrosamiento del receptáculo floral; sobre ese falso fruto se encuentran gran cantidad de semillas pequeñas,

que son frutos verdaderos llamados aquenios, como muestra la Figura 3 (CONAFRE, 2007).

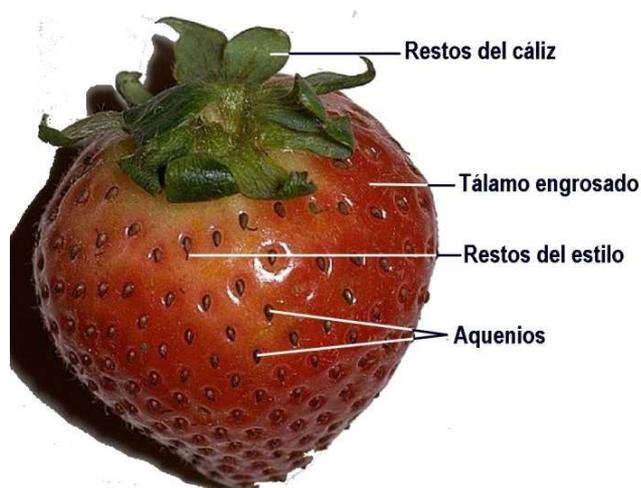


Figura 3. Partes del fruto de la fresa.

Fuente: Universidad Politécnica de Valencia. 2011. Biología. Estructura de Frutos. En: http://www.euita.upv.es/varios/biologia/web_frutos/images/Pseudocarpos%20%28eterios%29/fresa%201.jpg

Los aquenios, erróneamente llamados semillas, son frutos secos indehiscentes, uniseminados de aproximadamente 1 mm de largo que se encuentran insertados en la superficie del receptáculo o en pequeñas depresiones más o menos profundas denominadas criptas. Un fruto mediano suele tener de 150 a 200 aquenios, pudiendo llegar hasta 400 en los frutos de gran tamaño (CONAFRE, 2007).

Las raíces de la fresa son fibrosas y poco profundas (MAG, 2011).

La planta de fresa es perenne ya que por su sistema de crecimiento, constantemente está formando nuevos tallos, que la hacen permanecer viva en forma indefinida (MAG, 2011).

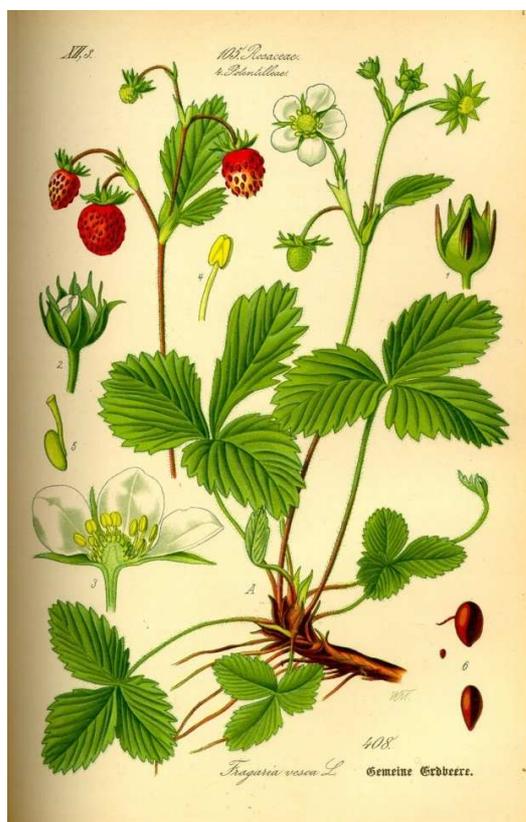


Figura 4. Planta de fresa.

Fuente: Vintage Ephemera. 2011. Botanical Plate, Woodland Strawberry. En: **¡Error! Referencia de hipervínculo no válida.**

2.2.5 Propiedades de la fresa

La fresa es popular en todo el mundo, debido en parte a que ofrece varios beneficios a la salud, ya que es fuente de vitamina A, B, C y E, lo que la convierte en un escudo contra enfermedades como cáncer, artritis y anemia (CONAFRE, 2007). Es recomendable para el tratamiento de personas con hipertensión y también la recomiendan para limpiar y purificar el aparato digestivo. Además se considera que cumple una función importante en la síntesis de colágeno, que es una de las proteínas que proporciona fuerza a huesos, piel, cabello, uñas y dientes (CONAFRE, 2007).

2.2.6 Zonas de cultivo y épocas de siembra

Actualmente las principales zonas productoras de fresa son: Fraijanes de Poás, San José de la Montaña, San Isidro de Coronado y San Ramón de Tres Ríos, pero en general se puede sembrar en lugares sobre los 1.300 m de altura, aunque debe tomarse en cuenta la distancia al mercado, ya que el fruto es muy delicado (MAG, 2011).

La fresa se puede sembrar en cualquier mes del año. Sin embargo, las pruebas realizadas indican que lo más conveniente, para todas las zonas de producción, es sembrar en los primeros meses de la época lluviosa: mayo, junio y julio. De esta forma, la planta alcanza un buen desarrollo y empieza a producir en los primeros meses de la época seca: noviembre y diciembre, con lo que se logran dos objetivos importantes: tener una planta bien desarrollada para el inicio de la producción y obtener la mayoría de la cosecha en época seca y con la mejor calidad, cuando el mercado internacional presenta los mejores precios para fruta fresca. Si se siembra durante la estación seca, la producción se obtiene en la época lluviosa, por lo que se presentan mayores problemas fitosanitarios en la planta y en la fruta, además disminuye la producción y la fruta se ensucia (MAG, 2011).

2.2.7 Clima y suelos

La planta de fresa es termo y fotoperiódica, o sea que su crecimiento depende de las condiciones de luz y temperatura. Las altas temperaturas y los días largos (más de doce horas de luz) provocan crecimiento vegetativo excesivo; las bajas temperaturas y días cortos inducen floración. Por eso en Costa Rica, aún cuando se le puede ver creciendo desde 600 m ó menos, la zona apta para producción de fruta se ubica entre los 1.300 y 2.000 msnm (MAG, 2011).

En condiciones, donde todos los días tiene menos de 12 horas de luz, el factor determinante para producir fruta, es la temperatura óptima que en promedio de 14 °C, pero se adapta bien entre los 10 y 20 °C (MAG, 2011).

Como la planta de fresa tiene un sistema radical que en un 80% ó más se ubica en los primeros 15 cm del suelo, los suelos para el cultivo de fresa no tienen que ser muy profundos; deben ser livianos, preferiblemente arenosos y con muy buen drenaje. Los suelos volcánicos con buen contenido de materia orgánica, típicos de las partes altas del Valle Central, se comportan en buena forma para este cultivo. El pH debe estar entre 5,5 a 6,5 y el suelo debe tener buena fertilidad (MAG, 2011).

2.2.8 Cultivo tradicional de la fresa

Los sistemas de plantación de fresa varían dependiente en el ambiente y las metas de producción. El agricultor debe decidir las prioridades relativas al rendimiento, tamaño de la fruta, el sabor y de otras calidades de la fruta y buscar un sistema que equilibra estas metas (Guerena *et al.*, 2003).

Los sistemas que se enfocan principalmente en rendimiento son lo menos sostenibles a causa de la cantidad enorme de la energía utilizada en la forma de mantenimiento, el plástico y el transporte (Guerena *et al.*, 2003).

En muchos de estos sistemas las plantas crecen en camas levantadas como plantas anuales. Esto resulta en la eliminación de las plantas, de la cobertura de plástico y del sistema de irrigación a finales de cada temporada (Guerena *et al.*, 2003).

En Costa Rica es común que las fresas se siembren en eras o en lomillos. Sin embargo, por el tipo de tecnología que se aplica al cultivo, como es la utilización de coberturas y riego, lo más recomendable es hacerlo en eras de 70 a 80 cm de ancho y de 20 cm de altura. En cada era se colocan dos hileras de plantas,

separadas 40 cm entre sí y las plantas a 30 cm. Con este sistema se obtiene una densidad entre 50.000 y 55.000 plantas por hectárea. La separación entre eras debe ser de por lo menos 40 cm. La planta debe sembrarse a una profundidad tal que el cuello de la raíz quede a nivel de suelo, de manera que no queden raíces expuestas ni la corona enterrada (MAG, 2011).

A pesar del sistema utilizado los rendimientos convencionales son generalmente más altos que los orgánicos. Sin embargo, los estudios han mostrado que los productores de fresas orgánicas pueden ganar más por acre que los productores de fresas convencionales (Guerena *et al.*, 2003).

2.2.8.1 Coberturas de suelo

Consiste en cubrir las eras con algún material que impida que la fruta tenga contacto directo con el suelo. La cobertura a su vez, cumple otras funciones importantes como (MAG, 2011):

- Evita el crecimiento de malezas.
- Aumenta la retención de humedad en el suelo.
- Evita el salpique del agua lo que disminuye los problemas de enfermedades.

Existen diferentes materiales que se pueden utilizar como coberturas; entre ellos: la granza de arroz, el serrín, la paja de gramíneas y el polietileno, de diferente color y grosor (MAG, 2011). La Figura 5 muestra el uso de coberturas en el cultivo de fresas.

Se prefiere el polietileno negro, de 0,2 a 0,4 mm de grosor con aditivo para evitar el daño de los rayos ultravioleta, ya que tiene las siguientes ventajas:

- Ejerce un eficiente combate de malezas
- Aumenta la temperatura del suelo

- Tiene una vida útil de más de un año en el campo

Presenta el inconveniente de que a veces produce calentamiento excesivo, quemando frutas y hojas. El polietileno se coloca sobre la era, una vez que ésta se ha preparado totalmente, inclusive con la aplicación de fertilizantes e insecticidas de suelo (MAG, 2011).



Figura 5. Uso de cobertura en el cultivo de fresas.

Fuente: AlterVista. 2011. Photo Gallery. *Fragaria x ananassa*. En: **¡Error! Referencia de hipervínculo no válida.**

Se tensa bien y se prensa en ambos lados de la era con la misma tierra o con grapas de alambre galvanizado. Una vez colocado, se marca la distancia de siembra y se abren huecos de unos 10 cm de diámetro en cada punto, donde van las plantas (MAG, 2011).

Los otros tipos de coberturas aunque tiene la ventaja de que son mucho más baratas, provocan pérdida de agua, pueden introducir nuevas malezas al terreno y son muy difíciles de conseguir debido a que se requieren grandes volúmenes del material (MAG, 2011).

2.2.9 Riego

El riego es un actor fundamental en la producción de fresas. En las principales zonas de producción de Costa Rica, se dan dos épocas muy bien marcadas: la seca, de diciembre a abril y la lluviosa de mayo a noviembre (MAG, 2011).

La principal cosecha se inicia en noviembre o diciembre y la planta se mantiene en producción durante toda la época seca; por eso para aprovecharla es determinante contar con un adecuado sistema de riego. Debido al uso de coberturas de suelo, sólo se utilizan los sistemas de riego por aspersion o por goteo (MAG, 2011).

Cuando es por aspersion, se prefieren aspersores pequeños y de gota fina para no afectar la floración. El sistema de riego por goteo que ha dado mejores resultados es el de manguera tipo "by wall" con doble pared y con salidas de agua cada 25 cm. Con este sistema basta una sola manguera por cada era de 70 cm de ancho (MAG, 2011).

2.2.10 Fertilización

Las tierras con alto contenido de materia orgánica tienden a ser inhóspitas para los patógenos del suelo, de modo que la incorporación de cultivos de cobertura y/o abono orgánico en los cultivos de fresa ayuda a suprimir las enfermedades de la raíz y corona como la pudrición negra y/o roja de la raíz (Guerena *et al.*, 2003).

En general, se considera que la planta de fresa no es muy exigente a la fertilización. Existen resultados indicadores de que no hay respuesta a la aplicación de fertilizantes al suelo (MAG, 2011).

En la Universidad de Costa Rica se han realizado diversos estudios de fertilización, tanto en La Garita como en Fraijanes de Alajuela, con resultados que no permiten concluir claramente sobre la respuesta de la planta a la aplicación de fertilizantes en el suelo. Sin embargo, dado que el cultivo de la fresa es muy

intensivo y además es una planta de alta producción, es importante mantener un programa de fertilización para reponer la extracción de nutrientes y mantener la fertilidad del suelo. La experiencia de los productores en el país demuestra que el cultivo puede responder en forma diferente de acuerdo con las circunstancias (MAG, 2011).

En suelos nuevos, que han estado con pastos, no es necesario fertilizar el primer año. Aplicaciones de fósforo, potasio y elementos menores, no han dado resultados y la adición de nitrógeno en estas condiciones provoca un gran desarrollo vegetativo que retrasa la cosecha (MAG, 2011).

En suelos con varios ciclos de siembra y sobre todo con pendientes pronunciadas, hay respuesta a la aplicación de nitrógeno en cantidades moderadas. También en fórmulas completas como 10-30-10 (10% Nitrógeno, 30% Fósforo y 10% Potasio) (MAG, 2011). Los planes de fertilización de suelos donde se cultiva fresa en forma intensiva se deben adaptar a las condiciones del terreno, mediante la interpretación del análisis de suelo respectivo (MAG, 2011).

2.2.11 Prevención y control de enfermedades fúngicas

La selección del sitio de siembra es importante para la producción exitosa de la fresa. Las plantas crecen mejor cuando disponen de área circundante para que tenga buena circulación de aire y buen desagüe, que ayuda a reducir los problemas de las enfermedades como el moho gris o botritis (Guerena *et al.*, 2003).

Las fresas que se producen en la misma tierra año tras año tienden a sufrir problemas crónicos y severos de enfermedades, de modo que las rotaciones de cultivos bien diseñadas pueden ayudar a suprimir algunos de estas enfermedades. Estas rotaciones también ayudan a controlar hierbas e insectos, proporcionan la materia orgánica y mejoran la estructura física de la tierra (Guerena *et al.*, 2003).

Las mejores rotaciones para fresas incluyen una legumbre (tal como las sojas, la alfalfa, rabiza o la arveja) con centeno. Los cultivos de Solanáceas tal como los tomates, las papas, los chiles y las berenjenas no se deben cultivar antes que la fresa, a causa de la introducción potencial de patógenos tal como *Verticillium*, *Fusarium* y *Rhizoctonia solani* (Guerena *et al.*, 2003).

Después de la cosecha de las fresas, con un cortacésped rotatorio o con la guadaña, se pueden reducir apreciablemente las enfermedades tal como las manchas de hoja, la quema de hoja y el botrytis. El cortacésped rotatorio corta las hojas, acelerando la descomposición de la planta en que los patógenos sobreviven. Algunos patógenos sobrevivirán este tratamiento, por eso la eliminación del residuo de planta del campo ayuda a aminorar la inoculación (Guerena *et al.*, 2003).

Los téis de abono orgánico (“compost”) y otras mezclas innovadoras tales como las soluciones de azúcar y levadura, bicarbonato de sodio y la leche han llegado a impedir o disminuir la aparición de enfermedades foliares populares entre los agricultores orgánicos. La intención con estas prácticas es hacer a la planta huésped inhóspita al patógeno. Los téis de abono y levaduras introducen microorganismos no-fitopatógenos que compiten con y antagonizan las esporas de la enfermedad que trata de establecerse en el huésped. El bicarbonato de soda trabaja en el nivel químico, interfiriendo con la germinación de las esporas (Guerena *et al.*, 2003).

El cobre y el azufre elementales se han usado por mucho tiempo por agricultores convencionales y orgánicos como pesticidas para enfermedades microbianas y fúngicas, respectivamente (Guerena *et al.*, 2003).

2.2.11.1 Enfermedades de la raíz y del cuello

Las principales enfermedades de la raíz y el cuello de la planta son producidas por *Rhizoctonia solani*, *Phytophthora fragariae* y *Verticilium alboatrum*. Su ataque, a veces se puede confundir con el de jobotos (*Phyllophaga spp.*) ya que el síntoma inicial es una marchitez en horas de mucho sol (MAG, 2011).

Rhizoctonia solani provoca un colapso total de la planta durante la época de cosecha. Las hojas bajas toman un color púrpura y los pecíolos se tornan color café (Figura 6), el cuello de la planta muere y se producen brotes laterales, las raíces se pudren y toman un color café (MAG, 2011).



Figura 6. Planta de fresa infectada con *Rhizoctonia sp.*

Fuente: Driptapesolutions. 2011. Strawberries En: http://driptapesolutions.com/images/1-24-09_PHare-palomar_2_.JPG

La pudrición causada por *Phytophthora fragariae* conocida como estela roja (Figura 7), produce enanismo de la planta en los casos severos. En las hojas jóvenes aparece una coloración verde azulada y en las hojas viejas roja, naranja o amarilla. En el ápice de las raíces jóvenes aparece una pudrición que avanza

hasta alcanzar las raíces laterales y al cortar la raíz se observa la estela de color rojo (MAG, 2011).



Figura 7. Raíz de fresa con *Phytophthora fragariae* (Estela roja).

Fuente: Center for invasive species and ecosystem health. 2011. En: <http://www.invasive.org/images/768x512/0454035.jpg>

En el caso de la pudrición por *Verticillium alboatrum* las hojas externas de la planta muestran una coloración café oscuro en los márgenes y en el área intervenal. Las hojas internas conservan su turgencia y color verde, aunque la planta esté muerta, lo cual la diferencia del ataque de *Phytophthora sp.* en que mueren tanto las hojas jóvenes como las viejas (MAG, 2011).

Para distinguir con certeza, por medio de los síntomas, el agente causal de una pudrición radical, basta con cortar longitudinalmente las raíces y el cuello de la planta. Si la pudrición se manifiesta en los tejidos externos de las raíces y el cuello, el organismo causal es *Rhizoctonia sp.*, si es en los tejidos internos de la raíz y el cuello (en este caso los tejidos externos permanecen sanos), es producida por *Verticillium sp.* (Figura 8) y si el daño sólo se presenta en las raíces sin ascender al cuello, se trata de un daño por *Phytophthora sp.* (MAG, 2011).



Figura 8. Plantas de fresa sana e infectada con *Verticillium sp.*

Fuente: Wikigardener. 2011. *Verticillium wilt.* En: http://images.wikia.com/gardener/images/0/07/Strawberry_Verticillium_Wilt.jpg

Cuando estas enfermedades aparecen en plantas en estadios avanzados de desarrollo o viejas, es muy difícil combatirlas; algunas veces, podando las plantas, fertilizándolas y aplicando fungicidas a la base se recuperan momentáneamente. Afortunadamente el daño casi siempre aparece en plantas viejas a menos que se siembre material infectado (MAG, 2011).

El método más eficiente de combate es la desinfección total del suelo y de las mismas plantas antes de la siembra. El suelo se puede desinfectar con dazomet (3,5- dimetil-(2H)-tetrahydro-1,3,5 tiadazina-2-tiona), Bromuro de Metilo o dicloropropeno. Si no se hace en forma total, es conveniente que por lo menos el hueco de siembra sea desinfectado con una mezcla de PCNB y dimetilditiocarbamato férrico (Ferbam), en la dosis recomendada en la etiqueta, aplicado con bomba manual. Así mismo, las plantas antes de la siembra, se deben sumergir en una solución de fungicida benomil o clorotalonil (MAG, 2011).

2.2.11.2 Enfermedades del follaje

2.2.11.2.1 Viruela: *Mycosphaerella fragariae*

Ataca las plantas de cualquier edad, aunque son más susceptibles las plantas nuevas con follaje succulento. Puede ser muy severa en época lluviosa y días nublados, cuando el follaje permanece húmedo (MAG, 2011).

El síntoma inicial es una mancha circular pequeña, hundida, color púrpura en el haz de la hoja con el centro color café al inicio y posteriormente gris, rodeado por un halo color púrpura; estas lesiones aumentan de tamaño hasta alcanzar de 3 a 6 mm de diámetro (MAG, 2011).

Las plantaciones en áreas despejadas, con buena ventilación y sin altas densidades de siembra (dos hileras) son más fáciles de mantenerlas sanas.

La enfermedad se puede prevenir con aplicaciones al follaje de productos protectores como captan o zineb. Cuando el problema se hace severo hay que recurrir a otros productos como benomil. En cosecha, sólo se puede aplicar benomil y captan (Inocuidad de los alimentos y su relación con la agricultura, 2006).



Figura 9. Fresa con *Mycosphaerella fragariae*.

Fuente: Ask Jeeves. 2011. List of strawberry diseases. Fungal diseases.
En: http://uk.ask.com/wiki/List_of_strawberry_diseases

2.2.11.2.2 Manchas de las hojas: *Denrophoma sp.* y *Diplocarpon sp.*

Son dos tipos de manchas de las hojas que aparecen esporádicamente, sobre todo en condiciones de alta humedad (MAG, 2011).

Dendrophoma sp. produce grupos de cinco a seis lesiones circulares de color rojo púrpura en las hojas en desarrollo, cuyo centro, posteriormente, toma un color grisáceo. Cuando la enfermedad avanza, las lesiones coalescen y toman un color café con forma de letra V y en su centro se pueden observar los picnidios (MAG, 2011).

Diplocarpon sp. causa numerosas manchas en forma irregular y color púrpura que pueden alcanzar un diámetro entre 1 y 5 mm. Las lesiones coalescen con el avance de la enfermedad por lo que la lámina de la hoja toma una coloración rojiza ó púrpura. Cuando las lesiones envejecen aparecen los acérvulos y la planta toma una apariencia quemada (MAG, 2011).

Si se realiza un buen combate de la viruela (*Mycosphaerella sp.*), automáticamente se combaten ambos patógenos.

Las enfermedades de las manchas de las hojas y tallos pueden ser causadas por los hongos *Mycosphaerella fragariae*, *Ramularia tulasnei*, o *Phomopsis obscurans*, o por la bacteria *Xanthomomas fragariae*. Estos patógenos son esparcidos por agua salpicada de las hojas muertas y otros escombros de la planta. Las recomendaciones mencionadas para la prevención de enfermedades foliares se pueden aplicar a las manchas de hoja (Guerena *et al.*, 2003).

Los tratamientos impeditivos tales como el azufre, el cobre, o los tés de abono antes de lluvias son aconsejables para muchas enfermedades como la mancha de hoja, el moho gris y el tizón polvoriento. También, los estudios han mostrado que sistemas de producción que usan coberturas orgánicas han reducido la incidencia de patógenos del suelo (Guerena *et al.*, 2003).

2.2.11.2.3 Mancha angular: *Xanthomonas sp.*

Causa una mancha muy característica, en forma de ángulos delimitados por las nervaduras de las hojas (Figura 10); al verla contra la luz se ve translúcida y aceitosa, sobre todo por el envés de la hoja. Esta enfermedad aparece en época de mucha lluvia o en época seca, cuando se riega por aspersión (MAG, 2011).

En algunas ocasiones por el haz de la hoja las lesiones tiene una forma irregular, con una coloración café rojiza necrótica y no dejan pasar la luz a través del tejido afectado, por lo que es difícil distinguirla de la lesiones de *Mycosphaerella sp.* y *Dyplocarpon sp.* (MAG, 2011).

Si hay mucha humedad se propaga rápidamente, sobre todo en hojas bajas, si el tiempo es seco tiende a desaparecer.

Lo que se recomienda es mantener las plantas limpias, sin hojarasca y con buena ventilación. Donde hay riego por goteo el problema es menor. En casos muy serios se pueden aplicar productos a base de cobre, aunque debe tenerse mucha precaución porque bajo algunas situaciones produce fitotoxicidad (MAG, 2011).



Figura 10. Hoja de fresa con *Xanthomonas fragariae*.

Fuente: Center for invasive species and ecosystem health. 2011. En: <http://www.invasive.org/images/768x512/0660025.jpg>

2.2.11.3 Enfermedades de la flor y el fruto

2.2.11.3.1 Botritis (Moho Gris)

El moho gris o botritis es causada por el hongo *Botrytis cinerea* y es una de las enfermedades de putrefacciones de fruta más comunes y graves. El hongo se desarrolla mejor en clima fresco y húmedo y puede ser devastador si el tiempo lluvioso coincide con la cosecha cuando la fruta está madura y muy susceptible. Si los cosechadores tocan las fresas infectadas, pueden infectar fresas sanas, causando que se pudran dos días después de la cosecha (Guerena *et al.*, 2003). En la Figura 11 se muestra una fresa afectada por *Botrytis cinerea*.



Figura 11. Fresa con *Botrytis cinerea* (Moho Gris).

Fuente: Center for invasive species and ecosystem health. 2011. En: <http://www.invasive.org/images/768x512/1317022.jpg>

El control del moho gris es posible si se eliminan los remanentes de la cosecha infectados del campo y se mantiene un buen desagüe. La fruta infectada puede ser cosechada de las plantas y colocada en el surco de forma tal que un cultivador pueda atravesar el campo y coleccionar esos frutos para su posterior tratamiento antihongos. La cobertura limpia, que mantiene la fruta separada del suelo, también

es recomendada. Quitando las hojas del campo a fines de la temporada de cosecha puede reducir apreciablemente la incidencia del moho gris en la fruta el año siguiente (Guerena *et al.*, 2003).

Los hongos benéficos antagónicos a la especie de botritis se están desarrollando para el uso comercial y pueden proporcionar eventualmente el control biológico efectivo del moho gris. El hongo *Gliocladium roseum* mostró buen control del moho gris en investigaciones canadienses (Sutton y Peng, 1993).

Los rocíos de suspensiones de esporas de *Gliocladium roseum* son efectivos, pero los investigadores están desarrollando un sistema más eficiente donde se usan las abejas para entregar las esporas benéficas. Los investigadores colocan esporas de *Gliocladium* en una bandeja a la entrada de la colmena. Las abejas caminan a través de la bandeja, recogiendo las esporas y las entregan a las flores durante la colección de polen y néctar. El control del moho gris en estos ensayos es excelente (Guerena *et al.*, 2003).



Figura 12. *Gliocladium roseum*.

Fuente: The alternative consumer. 2011. Newest source of biofuel: Fungus. En: http://www.alternativeconsumer.com/wp-content/uploads/Ross/ROSS_Nature/groseumfungus1.jpg

2.2.12 Control de insectos

El cultivo de fresa no está exento del ataque de los insectos y existen varios tipos de ellos que consumen las plantas y amenazan los rendimientos. Por lo tanto, la identificación correcta de estos insectos es el primer paso en el manejo de plagas (Guerena *et al.*, 2003).

Un programa que explora y monitorea las plagas puede ayudar al agricultor a determinar la presión de las plagas y la presencia de insectos benéficos. Una vez que la presión de plagas alcanza al umbral económico (nivel de plaga que causa daño económico, ya sea, que el costo de pérdida al no tratar el problema es más que el costo del tratamiento), hay que tomar medidas necesarias para controlarlas. Si se emplean controles biológicos se deben utilizar en un momento apropiado antes que las plagas alcancen niveles críticos. Por eso el monitoreo es tan importante. En las operaciones extensivas donde se usan grandes cuadrillas para la cosecha, se recomienda entrenar a los colaboradores para que puedan identificar las principales plagas de insectos y así contribuir al proceso del monitoreo (Guerena *et al.*, 2003).

El hábitat de insectos benéficos sembrados al costado de los campos de fresa proporcionan refugio, polen y fuentes de néctar a insectos depredadores y parásitos de insectos plagas y les da refugio cuando los campos se tratan con un pesticida. Cuando se compran y liberan insectos benéficos, este hábitat alentará a los insectos benéficos a permanecer y continuar su ciclo de vida, ayudando a reducir la población de plagas (Guerena *et al.*, 2003).

Algunas plagas también pueden habitar el refugio junto con los benéficos, así que es importante monitorear estos habitantes (Guerena *et al.*, 2003).

Aunque los problemas de insectos plagas varían con el lugar de producción, los insectos plagas más comunes de fresa incluyen la oruga blanca, gorgojos de fresa, gusano de la raíz, chinche *lygus* y los ácaros o arañas (Guerena *et al.*, 2003).

2.2.13 Clasificación de productos agrícolas con base al riesgo de contaminación

Desde el punto de vista del riesgo de contaminación, los productos agrícolas se pueden clasificar en tres tipos (Vestal *et al.*, s. f.; Inocuidad de los alimentos y su relación con la agricultura, 2006):

1. Productos de riesgo alto (PRA)
2. Productos de riesgo medio (PRM)
3. Productos de riesgo bajo (PRB)

De acuerdo al tipo de producto, el agricultor tendrá mayor o menor cuidado en la aplicación del conjunto de normas y prácticas encaminadas a evitar la contaminación de los alimentos de origen agrícola. A estas normas y prácticas en su conjunto se les conoce como BPA o Buenas Prácticas Agrícolas (Inocuidad de los alimentos y su relación con la agricultura, 2006). Un producto de riesgo alto (PRA) de contaminación necesita mayores cuidados en la aplicación de las BPA. Los PRA son aquellos productos que tienen una alta probabilidad de sufrir contaminación microbiana ya que tienen las siguientes características (Vestal *et al.*, s. f.; Inocuidad de los alimentos y su relación con la agricultura, 2006):

1. Se consumen frescos (crudos)
2. La cáscara de los mismos es consumida por el ser humano
3. La superficie comestible no se puede lavar o su lavado es difícil
4. El proceso de lavado puede dañar el producto
5. La parte comestible del producto está sobre o muy cerca del suelo

Algunos ejemplos de este tipo de productos son las lechugas, las **fresas**, los tomates y los repollos (Inocuidad de los alimentos y su relación con la agricultura, 2006).

Un producto de riesgo medio (PRM) siempre necesita cuidados en la aplicación de las BPA, pero con menor énfasis que en el caso anterior. Los PRM son aquellos productos que tienen una menor probabilidad de sufrir contaminación microbiana ya que tienen las siguientes características (Inocuidad de los alimentos y su relación con la agricultura, 2006):

1. También se consumen frescos (crudos), pero
2. También pueden consumirse cocinados, aunque el tiempo de cocción no es lo suficientemente grande como para garantizar la muerte de los agentes microbianos de contaminación. La parte comestible tiene una protección natural o “cáscara” que ayuda a evitar la contaminación microbiana
3. El proceso de lavado no daña el producto
4. Se pueden aplicar procesos de desinfección del producto antes de empacarse

Algunos ejemplos de PRM son el brócoli, coliflor, frijolitos de vaina, mango, papaya y chayote (Inocuidad de los alimentos y su relación con la agricultura, 2006).

Un producto de riesgo bajo (PRB) también necesita cuidados en la aplicación de las BPA, pero el énfasis es mucho menor que en los casos anteriores. Los PRB son aquellos productos que tienen una bajísima probabilidad de sufrir contaminación microbiana ya que tienen las siguientes características (Inocuidad de los alimentos y su relación con la agricultura, 2006):

1. Se consumen siempre cocinados de manera que la cocción destruye los microorganismos
2. También pueden consumirse procesados de manera que el proceso térmico es lo suficientemente grande como para garantizar la muerte de los agentes patógenos de contaminación

3. El producto procesado se encuentra en un medio ácido (ej. vinagre) que destruye la contaminación microbiana
4. El producto es empacado y el empaque lo protege de la contaminación física, química y microbiana

Algunos ejemplos de PRB son el café, el frijol, la papa y los plátanos.

2.2.14 Cultivo orgánico de la fresa

La producción orgánica excluye el uso de fertilizantes y pesticidas sintéticos y requiere el manejo cultural que incluye la buena nutrición del suelo (a través de abonos orgánicos y cultivos de cobertura) y puede incluir el control mecánico y biológico de las plagas (Guerena *et al.*, 2003).

Las fresas producidas orgánicamente pueden exigir un precio superior al de la fresa producida por el sistema convencional (Guerena *et al.*, 2003).

Los agricultores orgánicos que utilizan plástico negro deben hacer una aplicación fuerte de abono orgánico durante la preparación de cama para proporcionar la fertilidad. Las necesidades subsiguientes de fertilidad se pueden satisfacer por medio de riego con abonos orgánicos solubles apropiados tal como las mezclas de pescado y algas marinas o con aplicaciones foliares de abonos orgánicos solubles (Guerena *et al.*, 2003).

En la presente investigación se plantea la agricultura orgánica como una alternativa económicamente rentable, ambientalmente amigable y socialmente viable para la producción de fresas inocuas. Se pretende, por un lado, sugerir un cambio de actitud que conlleve a una transformación en las prácticas agrícolas que realizan los productores de fresa.

De esta manera, la agricultura orgánica permitirá reducir el uso de insumos químicos y reemplazarlos por materiales orgánicos, que en la medida de lo posible se puedan preparar en las mismas unidades de producción. Con estos cambios se

pretende que las fresas que llegan al mercado no representen ningún peligro físico, químico o microbiológico para los consumidores.

2.2.15 Lombricultura: Concepto e historia²

La lombricultura también conocida como cría intensiva de lombrices domesticadas, es una actividad que se desarrolla en casi todo el mundo. Pero se estima que la lombricultura es una práctica milenaria que tuvo su origen en Egipto, donde Aristóteles (384 a. C. – 322 a. C.) aseguró que “las lombrices son el intestino de la Tierra”, mientras que la reina Cleopatra (69 a.C.- 30 a.C.) decretó que se cortarían las manos a aquel que matara una lombriz. Casi dos milenios después, Charles Darwin (1809-1882) expresó que las lombrices cierran el ciclo de la vida porque comen desechos muertos y los devuelven a la Tierra con vida.

Los europeos, por su parte, aprovecharon el estiércol y los residuos orgánicos para la obtención de carne y humus de lombriz (Lombriabono). Otra civilización que también ha utilizado las lombrices son los árabes, para la recuperación de suelos.

En 1930 en Estados Unidos el doctor Thomas Barrett fue el primero en reproducirlas. Luego un hermano del expresidente estadounidense James Earl “Jimmy” Carter también las reprodujo de forma masiva para la obtención de carnada para la pesca, pero más recientemente se le han dado otros usos. Debido a esto, se ha publicado que *Eisenia foetida* es la mundialmente conocida como lombriz roja californiana, pero ni es roja ni es californiana, porque los primeros productores estadounidenses las importaron desde Euro-Asia.

En el caso de Latinoamérica, países como Perú, Brasil, Chile, Ecuador, Colombia y Argentina practican la lombricultura para producir alimento para animales rico en proteínas y lombriabono, útil en suelos, viveros e invernaderos (Méndez, 2006).

² Araya, H. 2011. Producción y utilización de Lombriabono (entrevista). Cartago, CR.

La lombricultura es una actividad que se adapta perfectamente a las fincas de producción orgánica (también conocidas como sostenibles), puesto que les permite aprovechar al máximo los residuos orgánicos de la agricultura, de la ganadería, de la agroindustria y de los desechos doméstico-urbanos y con ello se reduce la pérdida o salida de nutrientes de la finca, además de dar un manejo ecológico a desechos orgánicos, obteniéndose el lombriabono con el que luego se procurará la fertilización del cultivo de fresa y la regeneración de suelos.

Una de las grandes ventajas de la lombricultura es que los pequeños y medianos productores, quienes por lo general cuentan con recursos económicos limitados, no deben incurrir en inversiones importantes debido a que la cría intensiva de lombrices domesticadas no requiere de infraestructura muy sofisticada.

Se considera que la lombricultura es un tipo de biotecnología, que utiliza principalmente a una especie domesticada de lombriz, *Eisenia foetida*, aunque se ha reportado la utilización de *Eisenia andrei* y *Lumbricus rubellus*, las cuales han dado un buen resultado como productoras de Lombriabono.³

Eisenia foetida recicla muchos tipo de materia orgánica, transformándola en humus, carne, harina de lombriz y también es posible obtener nuevos productos orgánicos a partir de los lombri-compuestos resultantes de la lixiviación a la hora de humedecer los lechos y su fraccionamiento químico; tales productos son: sustancias hidrosolubles, ácidos solubles y sustancias húmicas extraíbles.

En el apartado 4.2.3 se propone la fertilización del cultivo de la fresa con abono de lombriz, con lo cual se puede disminuir la dependencia de fertilizantes químicos, que presentan la desventaja de disminuir el pH del suelo, acidificándolo y permitiendo con ello la proliferación de ciertas enfermedades que afectan el cultivo. Con al abono de lombriz también se promueve una mayor diversidad

³ Araya, H. 2011. Producción y utilización de Lombriabono (entrevista). Cartago, CR.

microbiológica y adicionalmente, se ha visto que se suprimen los microorganismos reconocidos como patógenos para el ser humano.

2.2.16 Concepto de Calidad

El estudio del perfil del consumidor de productos ha puesto en evidencia que el sabor, el aroma, la madurez y apariencia son los atributos que más influyen a la hora de tomar la decisión final de la compra de alimentos. Factores tales como valor nutritivo, precio, ausencia de residuos de químicos peligrosos pasan a un segundo término. Se puede decir que el 90% de los consumidores engloban en su concepto de calidad los términos que describen las características sensoriales (Almenar, 2011).

La calidad de un producto se refiere a las propiedades de éste que dan al consumidor satisfacción por el precio que está dispuesto a pagar. Recientemente, la calidad de los productos agrícolas se ha empezado a concebir o interpretar como las características y propiedades del producto que sobrepasan su apariencia y sabor, dándole más importancia a su valor nutritivo y a la seguridad del consumidor (Araya, 2008).

Los componentes que definen la calidad de los productos agrícolas perecederos, como el caso de las fresas, más utilizados para comparar y evaluar son (Araya, 2008):

✓ Apariencia

La apariencia incluye componentes como el tamaño, forma, color, brillo, defectos internos y externos.

✓ **Textura**

La textura toma en cuenta la firmeza, dureza, suavidad, succulencia, jugosidad, arenosidad y fibra.

✓ **Sabor**

El sabor considera factores como dulzura, acidez, astringencia, amargura, aroma, malos olores y sabor.

✓ **Valor nutritivo**

El valor nutritivo incluye a los carbohidratos, proteínas, lípidos, vitaminas y minerales.

✓ **Inocuidad**

Los componentes que definen la seguridad son la ausencia de tóxicos naturales, de contaminantes sintéticos, de micotoxinas y de contaminación microbiana.

2.2.16.1 Factores que afectan la calidad

2.2.16.1.1 Factores precosecha

Durante la etapa de cultivo, la calidad se ve afectada por factores como el clima (luz, temperatura, viento, lluvia), características del suelo, prácticas agronómicas como riego, fertilización, combate fitosanitario y prácticas culturales (Araya, 2008).

2.2.16.1.2 Factores cosecha y poscosecha

Los factores que afectan la calidad son el índice de cosecha, estado fitosanitario del producto, desprendimiento y cortes de cosecha, empaque y transporte del campo a la empacadora, manipulación a lo largo del proceso, temperatura, humedad, daños mecánicos, concentración de oxígeno y de dióxido de carbono, empaques e infraestructura (Araya, 2008).

2.2.17 Concepto de inocuidad

La inocuidad de los alimentos no depende de la buena o mala apariencia del fruto sino que depende del tipo de fertilizantes que se hayan utilizado en la producción de un determinado producto agrícola, aunque muchos piensan que la única fuente de riesgos de contaminación son los fertilizantes orgánicos que contienen estiércol (Inocuidad de los alimentos y su relación con la agricultura, 2006).

Para tener un mejor panorama se debe establecer que la contaminación de los alimentos de origen agrícola es de tres tipos (Inocuidad de los alimentos y su relación con la agricultura, 2006; Portocarrero, 2007):

1. Contaminación física
2. Contaminación química
3. Contaminación microbiológica

La contaminación física es la presencia de cualquier materia o cuerpo extraño que va mezclado en el producto y que su ingestión puede causar daños a la salud humana. Incluye, por lo general todo material inerte extraño que se pueda encontrar en el producto. Algunos ejemplos de contaminantes físicos son piedras, pedazos de metal, grapas, tierra, madera, plástico, vidrio, insectos, etc. (Inocuidad de los alimentos y su relación con la agricultura, 2006; Portocarrero, 2007).

La contaminación física puede ocurrir durante los procesos de producción y de cosecha, durante el acondicionamiento y empaque, e incluso durante el proceso de transporte, distribución y venta. Un ejemplo de medida para evitar la contaminación física es el uso de cofias para evitar que el pelo caiga sobre el producto, durante el proceso de empaque de los productos (Inocuidad de los alimentos y su relación con la agricultura, 2006).

Por su parte, la contaminación química se produce cuando hay sustancias que entran en contacto con el producto en alguna parte del proceso (producción, cosecha, acondicionamiento y empaque, transporte, distribución y venta) y que pueden ser dañinas a la salud humana cuando la concentración de las mismas sobrepasa ciertos límites y aún así son consumidas (Portocarrero, 2007; Inocuidad de los alimentos y su relación con la agricultura, 2006).

Hay varios tipos de posibles contaminantes químicos entre los que sobresalen metales pesados, plaguicidas, fertilizantes, antibióticos, hormonas o compuestos usados para tratamientos postcosecha (Portocarrero, 2007; Inocuidad de los alimentos y su relación con la agricultura, 2006).

Existe incluso la posibilidad de que un producto se contamine químicamente al cultivarlo en suelos en los que hace muchos años fueron aplicados plaguicidas de mucha residualidad y de biodegradación lenta. Un ejemplo es la siembra en áreas en las que se usaron insecticidas clorados como el DDT y sus derivados. Las medidas de prevención de este tipo de contaminación están centradas en el uso de suelos y aguas no contaminados químicamente, así como el manejo integrado de plagas (MIP) en busca de prescindir de (cuando fuera posible) o reducir el uso de insecticidas químicos altamente tóxicos y peligrosos (Inocuidad de los alimentos y su relación con la agricultura, 2006).

El último tipo de contaminación es la contaminación biológica o microbiológica. Ésta consiste en la presencia de organismos microscópicos (bacterias, virus, hongos, nemátodos, protozoarios) o toxinas derivadas de los mismos, capaces de

producir enfermedades en los seres humanos. Ejemplo de este tipo de contaminación es la causada por algunas cepas de la bacteria *Escherichia coli* que pueden provocar diarrea, vómitos y hasta la muerte. También se puede incluir a las bacterias *Vibrio Cholerae* y *Cronobacter sakazakii* (Joint Institute For Food Safety and Applied Nutrition, 2002; Portocarrero, 2007; Inocuidad de los alimentos y su relación con la agricultura, 2006).

En la sección 4.1.2 se describe el problema que existe con los sistemas de riego usados en Llano Grande y la problemática que esto representa para la inocuidad de las fresas, debido a la posibilidad de aparición en los reservorios de agua de bacterias patógenas para el ser humano. En cuanto a los peligros biológicos causados por hongos, en el apartado 4.1.4.2 se anotan géneros de hongos que pueden producir toxinas y afectar la inocuidad de las fresas y la salud de los consumidores.

La contaminación microbiológica también se puede dar a nivel de campo, cosecha, postcosecha, transporte, almacenamiento, distribución y venta de los productos y no sólo de los microorganismos que eventualmente pudieran portar los estiércoles usados como abonos orgánicos. Para ejemplificar este caso, tomemos a un trabajador cosechando fresas que está enfermo de diarrea y que no se lava las manos para trabajar después de haber ido al inodoro. Por eso es necesario usar tierra, agua, personal y superficies libres de contaminación microbiológica (Inocuidad de los alimentos y su relación con la agricultura, 2006).

2.2.17.1 Peligros

Se considera como un peligro a aquello que puede provocar un perjuicio al consumidor. En el caso de los productos agrícolas, se consideran peligrosos cuando entran en contacto con contaminantes en cualquier punto de su proceso de producción y en su trayectoria desde el campo hasta su consumo; incluso, se podría decir que todo aquello que entra en contacto directo con el producto puede

contaminarlo (Portocarrero, 2007; Inocuidad de los alimentos y su relación con la agricultura, 2006).

Los peligros, por definición, tienen la misma clasificación que los tipos de contaminación. Esto quiere decir que si el producto se encuentra contaminado con una sustancia peligrosa para la salud del consumidor, se estaría tratando de un peligro químico. Si por el contrario, el producto estuviera contaminado con objetos peligrosos entonces se estaría ante un caso de peligro físico. Finalmente, si el producto estuviera contaminado con microorganismos o sustancias de su metabolismo, entonces se trataría de un peligro biológico.

2.2.18 Enfermedades transmitidas por alimentos (ETA)

Las ETA son un conjunto de enfermedades que se producen por el consumo de alimentos y/o agua contaminados en cantidades suficientes como para afectar la salud del consumidor. Se les llama así porque el alimento actúa como vehículo en la transmisión de organismos patógenos y sustancias tóxicas. Las alergias por hipersensibilidad individual a ciertos alimentos no se consideran ETA (Portocarrero, 2007).

Las ETA constituyen un importante problema de salud pública por su magnitud, tendencia creciente, emergencia y reemergencia (Portocarrero, 2007).

Los agentes contaminantes pueden ser:

- biológicos (bacterias, hongos, virus, parásitos)
- químicos (plaguicidas, fertilizantes, fungicidas, entre otros)
- físicos (metales, vidrio, madera, pelos, piedras, entre otros)

Una gran variedad de factores contribuye a la contaminación de frutas y hortalizas por microorganismos causantes de enfermedades a los humanos. Algunos de los factores que pudieran considerarse de riesgo en la calidad microbiológica de los

productos frescos incluyen: el uso de agua de riego contaminada con heces fecales de humanos y animales; procesos inadecuados en los campos de cultivo; prácticas deficientes de desinfección; condiciones inapropiadas durante empaque; higiene deficiente de los trabajadores y el mal manejo durante el almacenamiento y el transporte (Chaidez, s.f.). Aunado a esto, una vez que ocurre la contaminación, muchos microorganismos patógenos poseen la capacidad de sobrevivir por largos períodos de tiempo en frutas y hortalizas frescas. Algunos microorganismos son también capaces de sobrevivir a procesos de desinfección, e incluso de multiplicarse en el producto durante almacenamiento.

Entre las bacterias patógenas que han sido asociadas con el consumo de hortalizas frescas se pueden mencionar *Escherichia coli* enterotoxigénica, *E. coli* enterohemorrágica, especies de *Shigella*, *Salmonella*, *Listeria*, *Campilobacter*, *Clostridium* y *Staphylococcus*, entre otras. Los brotes de enfermedades recientes producidos por el consumo de frutas y hortalizas frescas contaminadas por microorganismos patógenos, demuestran la vulnerabilidad de estos productos. Dos brotes extensos de hepatitis A han sido relacionados con el consumo de lechuga y fresa contaminadas con el virus (Chaidez, s. f.).

La contaminación bacteriana suele ser la que se produce con mayor frecuencia y el tiempo que transcurre hasta que se manifiesta la enfermedad y los síntomas varían de acuerdo al agente responsable de la contaminación. Los síntomas más frecuentes son vómitos, náuseas, diarrea y fiebre (Portocarrero, 2007).

Algunos de los consejos que se pueden seguir para evitar el desarrollo de ETA son los siguientes:

- a)** Utilizar siempre agua potable para consumo y en todas las actividades que se trabaje o manipulen alimentos.
- b)** Lavarse siempre las manos con agua potable y jabón antibacterial.
 - antes de comer, preparar alimentos, servir la comida.

- después de: ir al baño, tocar las mascotas, estornudar, toser.

- cada vez que se ensucian las manos.

c) Lavar bien frutas y verduras, especialmente si se van a consumir crudas como la fresa.

d) Mantener los alimentos fuera del alcance de insectos, roedores y mascotas.

En los apartados 4.2.1, 4.2.2, 4.2.3 y 4.2.4 se hacen recomendaciones correspondientes a BPA, riego, fertilización y prevención-control de enfermedades del cultivo de la fresa, respectivamente.

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1 Fuentes de información

Para plantear una propuesta técnica-ambiental que permita asegurar la inocuidad de Fresas cultivadas en Cartago, se recurrió a fuentes de información primaria y secundaria.

3.1.1 Fuentes Primarias

La búsqueda inicial de información sobre la producción, manejo e inocuidad de las fresas se basó en fuentes de información primaria como libros, manuales oficiales (MAG) y artículos científicos, que describen la planta de fresa, la anatomía del fruto y las prácticas culturales más o menos apropiadas, que permitan obtener buenos rendimientos y que hacen posible una producción de fresas seguras para el consumo humano. De esta información también se obtuvo datos sobre el manejo del cultivo de la fresa que produce un menor impacto al ecosistema.

Complementariamente, se obtuvo información de la segunda fuente primaria, que correspondió a los funcionarios del MAG y productores de fresa de la zona de Llano Grande de Cartago, los cuales brindaron información sobre las prácticas culturales que actualmente se realizan durante la producción de fresas.

3.1.2 Fuentes Secundarias

Dentro de las fuentes de información secundaria se realizaron búsquedas en sitios web y documentos impresos o digitales que compilan información proveniente de fuentes primarias.

3.2 Técnicas de Investigación

Para el desarrollo de esta tesina se efectuó una investigación mixta, en la cual se recopiló y procesó información tanto de fuentes documentales como a partir de la investigación de campo, esto con el propósito de comprender la problemática por medio de un análisis desde todos los posibles ángulos de exploración y poder a partir de ello plantear una propuesta técnica-ambiental que permita asegurar la inocuidad de fresas cultivadas en Cartago.

La investigación documental se centró en la recopilación de datos existentes en forma documental, en libros, textos, manuales, registros de productores y en sitios web con el propósito de obtener antecedentes para profundizar en el tema de las prácticas culturales que permitan asegurar la inocuidad de las fresas así como la reducción de impactos negativos en el medio ambiente.

Por su parte, la investigación de campo permitió hacer un acopio de información sobre la situación real de la producción de fresas en Llano Grande de Cartago mediante la observación, reuniones y entrevistas con expertos en producción que representan al MAG y con los mismos productores y sus colaboradores en el campo.

3.3 Método de Investigación

Para estimar la situación actual del cultivo de fresas en Llano Grande de Cartago y poder, brindar una propuesta técnica-ambiental que permita asegurar su inocuidad se siguió estos tres métodos:

3.3.1 Método analítico-sintético

A través de éste método, se buscó analizar el proceso de producción de fresas, mediante la observación y el examen de cada una de sus etapas y hechos por separado y a partir de ello la agrupación de datos (prácticas culturales) y fases de producción para integrarlas y analizarlas como un todo. Durante la etapa de síntesis se planteó la propuesta que tuvo por objetivo proponer un plan técnico-ambiental para asegurar la inocuidad de fresas cultivadas en Cartago, Costa Rica.

3.3.2 Método inductivo-deductivo

A través del método inductivo, se observaron y analizaron casos particulares de producción de fresas inocuas que se consideran exitosos y a partir de ellos se hicieron proposiciones generales, que pueden ser imitadas por otros.

El método deductivo, por su parte, permitió analizar casos e informaciones generales e importantes sobre el cultivo y manejo integral del cultivo de la fresa y a partir de estas informaciones y experiencias, se pudo definir el plan técnico-ambiental para asegurar la inocuidad de fresas cultivadas en Cartago, Costa Rica.

3.3.3 Método de observación

Durante la investigación se obtuvo información por observación directa y a través de observación por entrevista.

La observación directa permitió realizar el estudio de campo, en el cual se tomaron datos a partir de observaciones e interrelaciones efectuadas manera directa en las plantaciones de fresa de Llano Grande.

La observación por entrevista se efectuó mediante el intercambio conversacional en forma oral, con productores de fresas, con funcionarios del MAG y del INA, con

la finalidad de obtener información, sobre la situación actual y sobre los cambios que se deben implementar en el corto, mediano o largo plazo para asegurar la inocuidad de las fresas producidas en Llano Grande.

4. DESARROLLO

4.1 RESULTADOS

En Llano Grande de Oreamuno, provincia Cartago, según los registros del MAG existen 95 Ha pertenecientes a 100 propietarios que se dedican a la producción de fresas.

El tipo de suelo de la zona es de origen volcánico, en su mayoría con un pH ácido, son deficientes en Mg y P (los cuales se pierden por volatilización) y presentan problemas de exceso de Fe, ya que se encuentra en concentraciones superiores a la que el cultivo de la fresa necesita y esto bloquea algunos macroelementos. Además, debido a la sobreutilización de herbicidas y de coberturas plásticas (Figura 14), los suelos se encuentran expuestos a la erosión provocada por la lluvia, el viento e inclusive por sismos.⁴

⁴ Obando, H. 2011. Situación actual de los freseros en Llano Grande (entrevista). Cartago, CR.



Figura 13. Fresas producidas en Llano Grande de Cartago, CR.
Fuente: El autor (2011).

La producción de fresas en ésta localidad es posible (Figura 13) debido a una serie de factores que favorecen su producción, entre ellos la altura que va de los 1900 hasta los 2300 m.s.n.m. y la temperatura que se encuentra en un rango de 5-30°C.

Otras de las características presentes en al menos el 90 % de plantaciones de fresas de Llano Grande es que las siembras se hacen a la intemperie y utilizan coberturas de polietileno (Figura 14), lo que permite la retención de humedad en el suelo, evita el crecimiento de plantas espontáneas y de algas, además de reducir la infección de plantas y de frutos por patógenos presentes en los suelos.



Figura 14. Coberturas plásticas para el cultivo de fresas.
Fuente: El autor (2011).

La producción de fresas de Llano Grande también se caracteriza por la presencia de plagas y enfermedades; y debido a ello su control, principalmente con plaguicidas, es continuo y muchas veces incorrecto, lo que podría ocasionar presencia excesiva de residuos de plaguicidas en las fresas. Por ejemplo, los productores utilizan un bactericida llamado Kilol y el iodo diluido en agua para el control de bacterias en las fresas, que en ocasiones son consumidas sin lavarlas.

El kilol es un producto 100% natural, obtenido a partir de semillas de cítricos, sin aditivos químicos, que se emplea en agricultura convencional y que además ha sido aprobado por la OMRI para su uso en agricultura orgánica. Es un producto sistémico de amplio espectro que controla varios géneros de bacterias como: *Xanthomonas*, *Erwinia* y *Pseudomonas*. Es utilizado en cultivos como papas y fresas (Molina, 2001).

Debido al uso de insumos inadecuados, a su inapropiada utilización y a la falta de higiene en el proceso, también es posible la existencia en el mercado local de fresas afectadas por contaminantes biológicos. Así, debido a la presencia de

peligros químicos y microbiológicos en las fresas, se ve incrementada la probabilidad de ocurrencia de enfermedades transmitidas por fresas, lo que consecuentemente ocasiona gastos en atenciones médicas, tanto a las familias como al Estado.

4.1.1 BPA: Aseguramiento de la calidad e inocuidad

Con respecto a la inocuidad, es un tema que se conoce pero que los productores de Llano Grande lo asocian con la presencia o ausencia de residuos de productos químicos en el producto, de modo que para evitarlo, usualmente se basan en las listas de productos agroquímicos aprobados de los Estados Unidos de América o de la Unión Europea para el cultivo de la fresa.⁵

Los productores desconocen que dentro del concepto de inocuidad se deben considerar los peligros físicos, representados en este caso por objetos que pueden estar presentes en las fresas; los peligros biológicos que representan los microorganismos y sus productos metabólicos (toxinas) y los peligros químicos que incluyen agroquímicos peligrosos y elementos químicos tóxicos que pueden afectar la salud humana.

Durante las visitas a algunas de las unidades productivas se pudo apreciar una serie de situaciones y malas prácticas que ponen en detrimento la calidad y la inocuidad de las fresas. Algunas de esas prácticas corresponden a acciones directas del mismo personal que labora en las producciones de fresa, otras tienen relación directa con un manejo inadecuado del sistema de almacenaje de agua para riego.

⁵ Obando, H. 2011. Situación actual de los freseros en Llano Grande (entrevista). Cartago, CR.

Dentro de las malas prácticas que el personal realiza y que representan un poderoso peligro para la inocuidad de las fresas, los expertos del tema comentan que el personal en ocasiones defeca y mixiona dentro de las mismas fincas, justifican que lo hacen debido a la carencia de servicios sanitarios y por ello realizan las necesidades fisiológicas en los límites de las propiedades o en zonas boscosas cercanas a los cultivos. Para incrementar el peligro que estas malas prácticas representan, luego los trabajadores regresan a sus funciones sin lavarse las manos y sin desinfectarse con agentes antisépticos. Además, se les ha visto comiendo fresas sin lavar y con las manos sucias.⁶

Otra de las prácticas inadecuadas y que podrían impedir la producción de fresas inocuas, se debe a la inefectiva y en muchos casos inexistente delimitación y eliminación del libre acceso de animales (Figura 15) a los lotes o invernaderos donde se están produciendo las fresas. Estos mismos animales (aves, perros, ratas que se comen los aquenios y otros) pueden defecar y mixionar mientras caminan por las unidades productivas afectando la inocuidad de las fresas.

4.1.2 Riego

El riego en el verano se efectúa por goteo dos o tres veces por semana con una duración de dos horas y en su mayoría se hace con agua proveniente de ríos o acequias, donde existe un alto peligro de contaminación con bacterias patógenas para el humano, como *Escherichia coli*, *Salmonella sp.* y *Vibrio cholerae*.

⁶ Barrantes, N. 2011. Riego del cultivo de fresa en Llano Grande (entrevista). Cartago, CR, Instituto Nacional De Aprendizaje.



Figura 15. Plantación de fresas sin cercas o barreras.
Fuente: El autor (2011).

No se conocen casos de productores de fresas que utilicen agua de pozo y probablemente no los habrá, debido a que no está permitida la perforación de pozos en Llano Grande y quienes sí lo han hecho han debido excavar grandes profundidades para poder encontrar suficiente agua; hecho que no es económicamente viable. En cambio los productores prefieren utilizar agua de ríos, la cual trasladan a los cultivos por gravedad y con ello que evitan incurrir en gastos debido a la perforación del pozo y a la compra de equipo de bombeo.

El agua proveniente de ríos en el verano suele ser escasa, por lo que los productores construyen reservorios para almacenarla (Figura 16), sin tomar las precauciones necesarias. Por ejemplo, el área donde se ubica el reservorio no la delimitan con cercos o barreras que impidan el ingreso de animales en busca de agua, algunos de los cuales mixionan o defecan en el mismo reservorio y otros resbalan, caen e inclusive mueren dentro del mismo depósito de agua.



Figura 16. Reservorio de agua proveniente de ríos; sin cercas o barreras.
Fuente: El autor (2011).

El sistema de almacenaje de agua en reservorios también da lugar a la aparición de algas debido al poco o nulo mantenimiento (lavados) que los productores realizan. Como parte de esas mismas malas prácticas, los productores tampoco tapan los reservorios y eso permite que caigan insectos en el agua (Figura 17) donde mueren y se descomponen y toda esta contaminación llegará al cultivo.

Dos de las cosas positivas del sistema de riego que los productores de fresa de Llano Grande están empleando es el hecho de trabajar con tuberías de polietileno o PVC que son inertes y el hecho de realizar la fertilización a través del mismo sistema de riego, lo que se conoce como fertirrigación y presenta como ventajas la reducción de la mano de obra y disminución de la pérdida de fungicidas por deriva⁷.

⁷ Barrantes, N. 2011. Riego del cultivo de fresa en Llano Grande (entrevista). Cartago, CR, Instituto Nacional De Aprendizaje.



Figura 17. Insectos muertos dentro del reservorio de agua.
Fuente: El autor (2011).

Se percibe un desconocimiento generalizado sobre la importancia del uso de agua limpia, así como de los diferentes peligros químicos o biológicos que a través del agua pueden llegar a las fresas y que afecten tanto al cultivo o a los consumidores.

Los productores prestan atención al tema del agua de riego cuando aparece una enfermedad en el cultivo y tras un análisis microbiológico se detecta la presencia de bacterias o esporas de hongos en dicha agua, momento a partir del cual, los productores han optado por utilizar agua proveniente de otra fuente, para reducir las pérdidas por plantas o frutos dañados.

En general, no existe la percepción de que a través de esa misma agua puede llegar el inóculo de algún microorganismo potencialmente peligroso para la salud humana. Los productores comentan que debido a la inversión y al esfuerzo que tendrían que hacer, muchos de ellos no han implementado un sistema de control microbiológico, además consideran que es probable que el agua clorada produzca una reacción con los agroquímicos de dosificados por fertirrigación.

4.1.3 Fertilización

Los productores de fresas realizan fertirrigación (Figura 18), siendo éste un sistema de riego por goteo en el cual, además del fertilizante adicionan bactericidas, fungicidas, nematicidas e insecticidas, bien sea como medida preventiva o como control de las enfermedades. Este sistema de fertilización se ha hecho muy popular entre los “freseros” de Llano Grande debido a que homogeniza y simplifica la aplicación de todos estos productos en la parcela.



Figura 18. Sistema de fertirrigación del cultivo de fresas.

Fuente: El autor (2011).

En promedio utilizan fertilizantes sintéticos en las siguientes proporciones anuales⁸:

⁸ Obando, H. 2011. Situación actual de los freseros en Llano Grande (entrevista). Cartago, CR.

N 400 kg/Ha,

P₂O₅ 400 kg/Ha,

K₂O 300 kg/Ha,

Mg 100 kg/Ha.

Además se complementa la fertirrigación con los microelementos y multiminerales necesarios en el cultivo. En algunos casos se complementa la fertilización química con abonos de origen orgánico como el compost y abono de lombriz (Lombriabono). Mientras que hay dos productores que consideran que el abono de lombriz contiene todos los nutrientes que el cultivo de fresa requiere para su adecuado desarrollo y producción.

4.1.4 Prevención y control de enfermedades de las fresas

4.1.4.1 Prevención de enfermedades de las fresas

No se observó que exista una cultura general de prevención de enfermedades entre los freseros de la zona de Llano Grande, pero hubo algunos casos en los que ya se empieza a percibir un interés por el tema de las explotaciones de fresas manejadas orgánicamente, en las cuales las enfermedades se previenen y se minimiza su efecto antes de que se conviertan en una situación económicamente, agrónicamente y ambientalmente difícil de manejar.

Algunos intentos aislados de prevención (así como de control) de enfermedades causadas por hongos en el cultivo de fresas se han basado en la aplicación de extractos de Jaboncillo (*Phytolacca americana*) e Higuierilla (*Ricinus communis*) dando buenos resultados. Para éste propósito los productores diluyen 10 ml del extracto/Litro de agua y han hecho aplicaciones por medio de aspersión al suelo con el uso de bomba de espalda.

4.1.4.2 Principales enfermedades de las fresas en Llano Grande

En el cultivo de la fresa puede presentar varios tipos de enfermedades, causadas de forma individual ó combinada, por hongos, bacterias, virus, nemátodos, insectos, por condiciones ambientales adversas ó por deficiencias nutricionales. Unas de esas enfermedades se desarrollan en los estadíos tempranos de crecimiento de las plantas y otras aparecen durante la floración, en la fase producción de fresas e inclusive en la etapa poscosecha.

La mayoría de esas enfermedades tienen relación directa con la calidad de las fresas debido a que, independientemente del agente o condición causal, ponen en detrimento las características físicoquímicas y organolépticas de las fresas. Mientras que otras enfermedades menos conocidas, las cuales se mencionan más adelante, tienen la capacidad de afectar la inocuidad de las fresas.

También existe una serie de microorganismos (hongos y bacterias) que pueden llegar a afectar la inocuidad de las fresas sin que necesariamente afecten su apariencia y por lo tanto, su calidad aparente. Dichos microorganismos pueden llegar al cultivo y a las fresas a través del riego (Sección 4.1.2) y de los abonos.

Dentro de las enfermedades fúngicas que más afectan el cultivo, así como la calidad de las fresas producidas en Llano Grande se incluye *Rhizoctonia sp.*, *Fusarium sp.*, *Phytophthora fragariae*, *Mycosphaerella fragariae* y *Pythium sp.*

En poscosecha, lo que se conoce como el fruto de la fresa se puede ver seriamente afectado por el hongo patógeno *Botrytis cinerea* (Guédez *et al.*, 2009), cuyas esporas perduran en el ambiente y atacan las fresas cuando se han colectado y permanecen en las plantas empacadoras, en los camiones repartidores, en las cámaras de enfriamiento de los supermercados y en los puntos de venta (Figura 19).

En ésta misma localidad se ha comprobado la presencia de hongos de los géneros *Aspergillus spp.* y *Penicillium spp.*, los cuales representan un peligro

biológico y según (Guédez *et al.*, 2009) pueden afectar las fresas durante la poscosecha, produciendo micotoxinas importantes desde el punto de vista de salud pública, por ser capaces de provocar intoxicaciones peligrosas por aflatoxinas (*Aspergillus spp.*) y patulinas (*Penicillium spp.*), que producen efectos hepato-tóxicos y carcinógenos.

Existen una serie de bacterias que no afectan la planta ó las fresas pero, que su presencia en los frutos afecta la inocuidad de los mismos y pone en peligro la salud de sus consumidores. En la Sección 4.1.2 se mencionan los géneros de bacterias que pueden llegar a las fresas a través del sistema de riego, por malas prácticas agrícolas o por inadecuadas prácticas de higiene personal.



Figura 19. Fresa afectada por *Botrytis cinerea*.

Fuente: El autor (2011).

4.1.4.3 Control de enfermedades

En el caso de control de enfermedades fúngicas, los productores prefieren, como ellos mismos lo dicen: “*ir a lo seguro*”, haciendo para ello aplicaciones de control, o sea, una vez que las enfermedades han aparecido y se encuentran afectando las plantas de fresa. Estas aplicaciones corresponden a productos sintéticos altamente o medianamente peligrosos, que en algunos de los casos son de amplio

espectro y esto significa que cuando se aplican en campo producen un efecto negativo debido a que controlan las enfermedades pero además afectan las poblaciones de hongos benéficos del suelo (saprófitos y biocontroladores).

Con respecto al uso de productos biológicos para el control de enfermedades, algunos “freseros” de la zona usan *Trichoderma sp.* en el invierno⁹, para el control de enfermedades fúngicas, como por ejemplo *Botrytis cinerea*, dadas sus propiedades como antagonista (Guédez *et al.*, 2009; Casanova *et al.*, s.f.). Se considera como un producto popular, sin embargo su uso no está muy difundido, debido a que los productores desconocen su composición, el mecanismo de acción, el horario y condiciones para hacer las aplicaciones y los comercios donde poder adquirir la *Trichoderma sp.*

Siempre buscando el aprovechamiento de los recursos biológicos, unos cinco productores de fresa de Llano Grande han venido haciendo aplicaciones preventivas de extractos de plantas con ciertas propiedades benéficas. Por ejemplo, se encontró que estos productores han obtenido buenos resultados al hacer aplicaciones de un extracto acuoso de chile picante (*Capsicum annum L.*) y ajo (*Allium sativum*).

Parte del éxito del extracto de chile picante-ajo se debe a que el ajo tiene propiedades que afectan el crecimiento e inclusive controlan poblaciones de alrededor de 300 microorganismos¹⁰, por su parte el chile picante es rico en capsaicina, que es un alcaloide que controla larvas de insectos (Arévalo, 2006).

En éste mismo sentido se quiere indicar que aunque los extractos de chile se emplean como plaguicidas en el cultivo de la fresa, se debe tener cuidado durante

⁹ Obando, H. 2011. Situación actual de los freseros en Llano Grande (entrevista). Cartago, CR.

¹⁰ Araya, H. 2011. Utilización de extractos botánicos para control de insectos (entrevista). Cartago, CR.

su preparación y manipulación debido a que la capsaicina es irritante para los mamíferos; produce una fuerte sensación de ardor en la boca. Irrita los ojos y también la piel. Si se alcanzan dosis muy altas produce dificultad para respirar, piel azul y convulsiones (Arévalo, 2006).

Particularmente, dos de los productores consideran que aunque les ha resultado efectiva la aplicación de los extractos naturales, no es completamente confiable porque se debe variar la dosis en función del insecto o enfermedad que se desee controlar y en muchos casos se desconoce totalmente las cantidades o condiciones específicas de aplicación para que el extracto funcione como controlador de una determinada plaga o enfermedad.

4.1.5 Impacto ambiental ocasionado por el cultivo de las fresas

Los funcionarios del MAG y los mismos “freseros” de Llano Grande reconocen que el cultivo de fresa ha producido y continúa produciendo fuertes impactos a nivel ambiental y estiman que el daño hecho al medio ambiente a lo largo de 25 años de producción de fresas no será fácil de mitigar, mucho menos de revertir.

El uso de coberturas con el propósito de evitar aparición de hierbas espontáneas (tradicionalmente conocidas como malezas) y de que las fresas entren en contacto con el suelo está generando varios problemas de gran impacto ambiental. Por ejemplo, el uso de coberturas plásticas significa que al finalizar cada ciclo de cultivo de fresas en Llano Grande se desechan alrededor de 500 kg. de plástico por hectárea y se debe recordar que son alrededor de 100 Ha, lo que quiere decir que se generan unos 50.000 kg. de plástico por cada ciclo de cultivo. Esto sin considerar el plástico de las mangueras de riego que también se deben reemplazar cada dos ciclos de cultivo.

El mismo uso de coberturas genera problemas adicionales que tienen relación directa con la escasez de agua en ésta localidad. Las coberturas impiden que el

agua se infiltre y sea absorbida por el suelo, generándose con esto una escasez de agua debajo de las coberturas que se debe suplir por medio de riego. Adicionalmente, cuando llueve de forma cuantiosa, se producen grandes deslaves y erosiones dentro de los cultivos de fresa debido a la escorrentía. Esta misma erosión ocasiona pérdida de nutrientes y contaminación de ríos, acequias, lagos y represas.

Las mismas coberturas están provocando un proceso que tiene preocupados a las autoridades del MAG. El plástico de color negro absorbe la radiación solar provocando que se eleve la temperatura del suelo y esto trae como consecuencia la esterilización del mismo. Este proceso de degradación paulatina es en buena medida irreversible y luego se tendrán que realizar muchas labores para devolverle el dinamismo físico-químico y microbiológico que el suelo requiere.

Otra de las problemáticas más importantes que enfrenta la producción de fresas y que ha afectado el medio ambiente de Llano Grande, a sus pobladores e inclusive a los ecosistemas de zonas alejadas que se ubican a lo largo de los márgenes del río Reventazón, es el uso masivo y descontrolado de productos sintéticos altamente contaminantes como fertilizantes, herbicidas, fungicidas, viricidas, insecticidas, nematocidas y acaricidas.

Durante una de las visitas se detectó, en uno de los bordes de la plantación, un sobre de metomil (Lannate 90 SP), un insecticida altamente tóxico (Figura 20). Es mortal si se ingiere o se inhala (Du Pont, 2005). Si se absorbe a través de los ojos causa daños irreversibles y puede ocasionar ceguera. Al consultar al productor, indicó que el producto se mezcló con agua del reservorio para riego de fresas y que se aplicó al cultivo de cebollas, que se ubica sobre el cultivo de fresas y a favor de la dirección del viento, lo que permite pensar que por deriva el producto podría llegar a la plantación de fresa y esto representa un importante peligro químico, que además puede producir un importante impacto en la población de insectos benéficos.



Figura 20. Uso negligente de productos altamente peligrosos.
Fuente: El autor (2011).

Estos agroquímicos en algunos casos son alta ó extremadamente tóxicos, de muy alta residualidad y de amplio espectro, lo que implica que no sólo afectan la causa del problema sino que actúan afectando a más organismos ó microorganismos benéficos que se encuentran en el ecosistema donde se han hecho aplicaciones o en donde han llegado trazas del producto.

El tipo de empaque que se utiliza también produce un severo impacto ambiental. Debe tomarse en cuenta que cuando las fresas se cosechan se llevan a la planta de empaque para ser colocadas en embalajes plásticos llamados canastillas (Figura 21), luego se cubren con plásticos y por último se cierran con ligas plásticas. Lo anterior es una problemática que causa gran preocupación debido a que el plástico puede tardar hasta 1000 años en desintegrarse y de momento no se conoce ninguna otra forma de empaque para las fresas.



Figura 21. Canastilla plástica empleada para el empaque de fresas.
Fuente: El autor (2011).

4.2 PROPUESTA TÉCNICA-AMBIENTAL

A lo largo del proceso de producción, es posible identificar para cada etapa, los probables peligros de contaminación que ponen en detrimento la calidad e inocuidad de las fresas.

En la sección 4.1.1 se indicaron una serie de malas prácticas observadas en las plantaciones de fresa de la zona en estudio. En el apartado complementario, sección 4.2.1 se listan los principales cambios que se deben realizar para procurar que tanto los productores como su personal realicen BPA y con ello, se minimicen los riesgos de contaminación de las fresas en la etapa de la producción.

En la sección 4.1.2 se describe el sistema de riego que la mayoría de productores de fresa utilizan en Llano Grande y se mencionan los peligros de contaminación química o microbiológica que a través del agua pueden llegar a las fresas. Por su parte, en la sección 4.2.2 se plantean una serie de modificaciones que se deben

efectuar con el objetivo de evitar que las fresas reciban un inóculo de microorganismos patógenos para el ser humano a través del agua de riego.

En el apartado 4.1.3 se menciona el tipo de fertilización química que los productores de fresa han realizado a lo largo de décadas y con lo cual, se estima han alterado el equilibrio de los ecosistemas, principalmente del suelo y de las aguas. En la sección 4.2.3 se plantea la posibilidad de reemplazar la fertilización convencional por la fertilización con abono de lombriz ó lombriabono (vermicompost) con el propósito de reducir el impacto medio-ambiental causado por abonos sintéticos, de aportarle microorganismos benéficos al ecosistema y de reincorporar a la finca remanentes de las cosechas procesados y libres de patógenos para el ser humano.

En la sección 4.1.4 se listan las principales enfermedades que atacan las plantaciones de fresa en Llano Grande, así como los controles que realizan. En ésta misma sección se indican las enfermedades y/ o microorganismos habitantes normales del suelo que pueden representar un peligro microbiológico para los consumidores de fresas. Por su parte, en el apartado 4.2.4 se sugiere dejar de utilizar controles químicos y hacer aplicaciones preventivas del hongo antagonista *Trichoderma spp.*, que como parte de sus ventajas vendría a reducir la utilización de fungicidas y bactericidas que afectan la biodiversidad, se evitaría la aplicación de agroquímicos que afectan la salud de los trabajadores y de los consumidores. Además de ejercer un control sobre las poblaciones de hongos cuyas toxinas pueden afectar la salud de los consumidores de fresas.

4.2.1 BPA: Aseguramiento de la calidad e inocuidad

4.2.1.1 Agentes de contaminación de las fresas

4.2.1.1.1 Agua

El agua entra en contacto con el cultivo a través del riego, durante la aplicación de plaguicidas, fertilizantes y en el manejo post-cosecha. La calidad del agua es

elemental y determina la posibilidad de contaminación por esta fuente. Se recomienda hacer análisis microbiológicos periódicamente del agua que se utiliza para las diversas operaciones durante el cultivo, cosecha y poscosecha de las fresas.

4.2.1.1.2 Estiércol y abonos orgánicos

El estiércol y los abonos orgánicos son portadores importantes de microorganismos patógenos y por ello se debe brindar especial interés al tipo de materiales que se están empleando para la elaboración de abonos. Se debe considerar que estos insumos también podrían estar contaminados con metales pesados o productos químicos en niveles que afecten la inocuidad de las fresas.

4.2.1.1.3 Suelo

El suelo es uno de los principales factores de los cuales depende la calidad y la inocuidad de las fresas, debido a que es el sustrato sobre el cual crecen las plantas y de donde toman los nutrientes necesarios para su desarrollo. Desde ésta perspectiva, se considera determinante tomar en cuenta el tipo de compuestos y elementos que llegan a él y que pueden comprometer la inocuidad de las fresas.

4.2.1.1.4 Plaguicidas y fertilizantes químicos

La aplicación de dosis excesivas de plaguicidas y fertilizantes químicos en el campo de cultivo suele suceder y puede provocar una acumulación peligrosa de residuos tóxicos en las fresas, que podría afectar la salud de los consumidores.

Esta problemática surge como consecuencia de la errada creencia de algunos agricultores que consideran que un incremento en la dosis de los productos siempre va a producir incrementos en las cosechas y en la calidad del producto,

sin tomar en cuenta que esto podría no ser así; además de que se afecta la inocuidad del producto.

Debido a que una inadecuada manipulación y aplicación de productos químicos, puede provocar serios daños a la salud de los trabajadores y al medio ambiente, algunos de los mismos productores recalcan que los insumos químicos se deben emplear respetando la dosificación y las condiciones de seguridad que se indican en la etiqueta del producto.

4.2.1.1.5 Salud e higiene de los trabajadores

El buen estado de salud y las prácticas sanitarias adecuadas (Buenas prácticas de higiene personal y POES) por parte de los trabajadores durante todo el ciclo del cultivo y la cosecha son esenciales para minimizar el riesgo de contaminación de las fresas.

4.2.1.1.6 Herramientas, máquinas, equipos e instalaciones

La limpieza y la desinfección de las herramientas, máquinas, equipos e instalaciones, se consideran dentro de las BPA, debido a que ayudan a minimizar los riesgos de contaminación de las fresas con agentes químicos, físicos y microbiológicos.

4.2.1.1.7 Transporte

Los vehículos en los que se realiza el transporte de los insumos, así como de las fresas, deben estar limpios y tener las condiciones mínimas necesarias para conservar la calidad e inocuidad del producto.

4.2.1.2 Buenas prácticas agrícolas (BPA)

Las BPA constituyen un sistema preventivo que considera los principios y prácticas más apropiadas en la producción, con el propósito de lograr que lleguen fresas inocuas y sanas al consumidor final; es decir, libre de contaminantes internos y externos que puedan dañar su salud, así como de problemas sanitarios por la presencia y/o daños generados por plagas y enfermedades.

A continuación, se mencionan los aspectos técnicos generales que se deben considerar en las BPA (Portocarrero, 2007):

- Terreno
- Siembra
- Riego
- Plaguicidas
- Fertilización
- Manejo del cultivo
- Control de hierbas (reducir incidencia de insectos y babosas terrestres)
- Cosecha
- Transporte del campo a la empacadora
- Higiene, salud y seguridad de los trabajadores en campo
- Trazabilidad

La implementación de BPA permite:

- conservar el medio ambiente y sus recursos
- combinar tecnologías y técnicas destinadas a obtener producciones de fresas rentables, inocuas y de calidad.
- minimizar los riesgos para la salud del consumidor

- el manejo integrado de plagas y enfermedades
- reducir los efectos negativos que los peligros físicos, químicos o microbiológicos tienen sobre la salud, seguridad y bienestar de los trabajadores
- mantener la disponibilidad de fresas inocuas, tanto para el mercado local como para el de exportación.

Para lograr la inocuidad en las fresas, es necesario contar con sistemas que aseguren reducir al mínimo los riesgos de contaminación, considerando que actualmente estos no pueden ser totalmente eliminados, pero sí minimizados a un nivel que no causen daño a la salud humana.

Según la clasificación de (Inocuidad de los alimentos y su relación con la agricultura, 2006) la fresa es un producto de riesgo alto (PRA) y el agricultor debe aplicar medidas para:

1. Alcanzar buena calidad del agua para riego, aplicación de plaguicidas, lavado de los productos y uso humano (higiene y consumo).
2. Debe usar sistemas de riego de goteo o por surcos a fin de evitar el salpique de la tierra hacia el producto.
3. Tratar adecuadamente los abonos orgánicos compostados, de manera que el calentamiento (pasteurización) elimine los patógenos que puedan ir en ellos.
4. No permitir el tránsito de animales en la parcela productiva, para evitar la presencia de restos fecales.
5. Vigilar la salud e higiene personal de los trabajadores.
6. Contar con personal diferenciado, o sea, que una parte de los colaboradores se dedique exclusivamente a las labores de campo, que otra parte se avoque al manejo poscosecha de las fresas en la planta empacadora y que otra parte del personal haga la distribución y comercialización.

7. Dotar a la finca de servicios sanitarios, lavamanos y dispensadores de alcohol antiséptico.
8. Entrenar al personal sobre las buenas prácticas de higiene personal y los procedimientos operativos estandarizados de sanitización (POES), especialmente en lo que respecta a la forma correcta de lavado y desinfección de manos.
9. Capacitar al trabajador acerca de los riesgos de contaminación y las BPA.
10. Implementar el manejo integrado de plagas (MIP) como tecnología permanente para enfrentar los problemas de plagas.
11. Mantener limpios los equipos y herramientas de trabajo así como los de que se utilizan durante la cosecha.
12. No colocar directamente las fresas sobre el suelo.
13. Evitar que materias extrañas (contaminantes físicos) como trozos de madera, virutas metálicas, vidrio, pelos y otros similares, contaminen las fresas.
14. Transportar las fresas al mercado de manera higiénica.
15. Tener un sistema que posibilite el rastreo del origen de cualquier problema y llevar registros de todas las operaciones agrícolas en la finca (trazabilidad).

4.2.2 Riego

El riego juega un papel determinante en el aseguramiento de la inocuidad de las fresas producidas en Llano Grande de Cartago. El riego puede aportar contaminación al suelo y luego por contaminación indirecta ésta misma contaminación puede llegar a las fresas. A continuación se anotan una serie de pautas que se consideran indispensables para hacer una adecuada gestión del riego del cultivo y evitar que a través del agua reciba inóculo de microorganismos potencialmente patógenos y químicos altamente peligrosos para el ser humano.

En primer lugar, se recomienda a los productores de fresa que suspendan o reduzcan al máximo posible el uso aguas de ríos, acequias, lagunas o estanques. Esta recomendación obedece a que estas fuentes están totalmente expuestas a todo tipo de contaminación, como por ejemplo, las excretas de animales y humanos, que representan un inóculo con concentraciones muy altas de bacterias como *Escherichia coli*, *Vibrio cholerae* y *Salmonella sp.* y del virus de la hepatitis, que son patógenos para el humano (OPS, 2006). La problemática se incrementa más aún si dicha contaminación llega a las fresas, que en algunos casos se consumen sin un adecuado lavado y desinfección, lo que podría poner en peligro la salud del consumidor.

Si la escasez de agua obliga a los productores a utilizar estos depósitos o tanques de almacenamiento de agua, entonces se recomienda que se empleen tanques de material impermeable, poco poroso, que pueda ser lavado quincenalmente o mensualmente con jabón clorado.

A los “freseros” también se les sugiere que utilicen agua de fuentes como pozos o del mismo sistema de acueductos de la zona y que eviten el uso de agua proveniente de fuentes expuestas. En el caso de agua de pozos se recomienda que los mismos se encuentren a una distancia igual o superior a 50 m de tanques o drenajes sépticos, así como de letrinas. Esta recomendación obedece a que las bacterias y otros agentes contaminantes se pueden encontrar y movilizar en las fuentes de agua del subsuelo.

Independientemente de la fuente de agua que se esté utilizando, los productores deben implementar un sistema de filtros de 140 *mesh* (número de aberturas por pulgada lineal) los cuales impedirían el paso de partículas cuyo diámetro es siete veces más pequeño que el diámetro de una partícula de arena.

Finalmente, se espera que los productores de fresa puedan efectuar análisis microbiológicos semanalmente o quincenalmente al agua que están utilizando en las plantaciones de fresa, con el objetivo de verificar la presencia de

microorganismos en el agua, conocer el tipo y patogenicidad de los mismos, así como para determinar si las fuentes de agua son confiables.

4.2.3 Plan de fertilización de las fresas con lombriabono

4.2.3.1 Importancia de la lombricultura para minimizar el impacto ambiental

La eliminación de los remanentes del cultivo de la fresa, así como los residuos provenientes de otras explotaciones agrícolas han sido y continúan siendo un problema para muchos agricultores en la zona de Llano Grande, muchos de los cuales optan por deshacerse de estos materiales sin darles ningún tratamiento ni reutilizarlos.

Algunos productores de fresa de Llano Grande, en busca de mejorar la calidad y rentabilidad de sus cultivos, así como de preservar los recursos naturales, están utilizando la lombricultura. Como reportó Lukkari (2004), las lombrices presentan la gran ventaja de tolerar metales pesados tales como cobre (Cu) y zinc (Zn) y, además, pueden transformar los materiales tradicionalmente considerados como “desechos” en un excelente fertilizante orgánico, entre otras cosas, como se describe a continuación.

4.2.3.2 Beneficios de la lombricultura

4.2.3.2.1 Uso del abono de lombriz en plantaciones de fresa

- Permite el reciclaje de remanentes y residuos de las cosechas de fresa (Figura 22), así como de otros productos como la cebolla (Figura 23).
- Posibilita la recuperación de terrenos erosionados por sobreuso o mal manejo.
- Mejora la textura y estructura de suelos, esto debido en parte a que el ano de las lombrices es redondo y por ello defecan el abono (carga eléctrica positiva) en forma de esferas, las cuales se enlazan a las arcillas (carga eléctrica

negativa) estableciendo lo que se conoce como efectos coloidales con una consecuente mejora de la estructura del suelo.¹¹

- Mejora la densidad aparente (compactación del suelo).
- Incrementa la aireación y retención hídrica del suelo.
- Funciona como un excelente fertilizante para las plantas.
- Facilita la propagación vegetal y el enraizamiento del cultivo de la fresa.
- Enriquece el suelo con microorganismos benéficos, ya que 1 g. de abono de lombriz tiene alrededor de $2,0 \times 10^{10}$ microorganismos benéficos (Mata *et al.* s.f.).
- Ayuda a neutralizar el pH del suelo, que en el caso de Llano Grande suele ser ácido (lo cual ha dado origen a condiciones apropiadas para la multiplicación de bacterias fitopatógenas), pero que tras la aplicación intensiva de lombriabono se neutraliza y la incidencia de dichas bacterias se reduce a niveles económicamente y agronómicamente manejables.
- Ayuda a retener el calor en el suelo debido al característico color café oscuro del lombriabono.

¹¹ Araya, H. 2011. Producción y utilización de Lombriabono (entrevista). Cartago, CR.



Figura 22. Preparación de lombriabono a partir de fresas.
Fuente: El autor (2011).

- Además, el lombriabono es rico en reguladores de crecimiento como las auxinas y las giberelinas lo que le permite a la planta de fresa desarrollar un mejor sistema radicular.



Figura 23. *Eisenia foetida* procesando residuos de cebolla.
Fuente: El autor (2011).

4.2.3.2.2 Uso de la carne de lombriz

- Algunas personas en Llano Grande están utilizando las lombrices de forma directa (viva) para la alimentación de cerdos y se puede emplear para alimentar otros animales (aves, peces, perros y gatos, entre otros).
- La carne de lombriz procesada también se puede usar para la alimentación animal (en formulaciones de dietas húmedas).

La carne procesada también se emplea para la alimentación humana en otros países, en los cuales se usa la carne de lombriz como un ingrediente en la formulación de subproductos cárnicos, como paté, salchichas, salchichones, tortas para hamburguesas y jamones (Vielma-Rondón *et al.*, 2003). Esto abre la posibilidad para su uso en Costa Rica.

4.2.3.2.3 Posibles usos de la harina de lombriz

- Para la alimentación animal debido a que es una fuente de proteínas. Se estima que la harina de lombriz contiene 15 de 16 nutrimentos indispensables para la vida animal.
- Y en el caso del ser humano, se ha cuantificado que 5 g. de harina de lombriz contienen el 70% de los nutrimentos necesarios que se necesitan para mantener una alimentación saludable¹².

4.2.3.2.4 Posibles usos del lixiviado de lombriz

- En la producción de fármacos para formulación de productos bacteriostáticos y dermatológicos.
- En la producción de cosméticos.

¹² Araya, H. 2011. Producción y utilización de Lombriabono (entrevista). Cartago, CR.

- Como inductor de enraizamiento en acodos.
- Pero NO se recomienda que se utilice el lixiviado de lombriz como fertilizante del cultivo de fresas, debido a que permanece expuesto a la contaminación (Figura 24) que se podría producir debido a su riqueza nutricional y su uso significaría la inoculación del cultivo con bacterias patógenas tanto para el cultivo de fresas (por ejemplo *Erwinia sp.*) como para el ser humano (por ejemplo *Escherichia coli*).¹³



Figura 24. Lixiviado de lombriz expuesto a contaminación.
Fuente: El autor (2011).

4.2.3.3 Manejo del lombriabono: cuidados a lo largo del proceso

Para la producción de lombriabono se puede utilizar cualquier sustrato orgánico, excepto los que tienen un pH ácido como la piña y los cítricos. El sustrato se debe pre-compostar por un período de siete días antes de alimentar a las lombrices y la humedad debe ser del 80%.

¹³ Araya, H. 2011. Producción y utilización de Lombriabono (entrevista). Cartago, CR.

Otro de los factores importantes y determinantes en el éxito de la lombricultura es la relación carbono:nitrógeno, la cual debe ser de 20:1. Si ésta condición se cumple es posible que durante el proceso se puedan encontrar 200.000 lombrices en una cama de 1,0 m².¹⁴

Un factor importante de tomar en cuenta es que las lombrices no realizan la degradación de la materia orgánica por sí solas, sino que el proceso lo realizan de forma sinérgica con una serie de macro (por ejemplo los colémbolos) y microorganismos que ayudan a degradar y disminuir el tamaño de las partículas y a liberar nutrientes que posteriormente serán utilizados por las lombrices.

Uno de los temas polémicos en lombricultura es que muchos expertos aseguran que las lombrices deben permanecer en un ambiente de poca luz (penumbra) pero hay dos productores de lombriabono que aseguran que esto no es totalmente cierto, sino que basados en sus experiencias, ellos sugieren cuidar otras variables críticas para la lombriz (temperatura, humedad, hormigas, aves, planaria) y ofrecerles un ambiente bastante iluminado, sin que esto afecte la producción de lombriabono.

Se recomienda que las lombrices permanezcan a una temperatura cercana a los 20°C (la temperatura corporal de la lombriz es de 19,5°C), además de mantener una humedad del material que ronde el 80% y de esta forma evitar la aparición de hormigas. En el caso de las aves, se pueden colocar mallas o algún tipo de material que impida su acceso a la lombricera. Por su parte, la planaria (Turbelarios) es el principal enemigo de las lombrices y puede aparecer cuando el pH≤6, lo que se convierte en el factor clave para evitar su aparición, manteniendo un pH>6.

Los microorganismos benéficos al pasar a través del tracto digestivo de la lombriz se reproducen de forma exponencial, lo que significa que quedarán presentes en el lombriabono en cantidades importantes. Mientras que los controladores

¹⁴ Araya, H. 2011. Producción y utilización de Lombriabono (entrevista). Cartago, CR.

biológicos como *Beauveria sp.*, *Metarhizium anisopliae*, *Lecanicillium lecanii*, *Trichoderma sp.*, *Bacillus subtilis*, *Bacillus thuringiensis*, *Arthrobotrys sp.*, *Paecilomyces lilacinus* y *Clonostachys sp.*, entre otros, se deben inocular directamente en el lombriabono cuando éste ha completado su proceso de maduración y se encuentra listo para llevarlo al campo.

En aquellos casos en los que el lombriabono se prepara a partir de residuos poscosecha de fresa o de otros productos, se corre algún riesgo de que los agentes patógenos presentes en el residuo sobrevivan al proceso y permanezcan presentes en el abono maduro. En estos casos es recomendable que al lombriabono maduro se le haga una inoculación preventiva de *Trichoderma sp.* que vendría a contrarrestar la presencia de hongos patógenos, que bajo ninguna circunstancia deben llegar al campo de cultivo de fresas.¹⁵

El abono de lombriz tarda aproximadamente 3 meses en obtener las características físico-químicas, microbiológicas y nutricionales, momento a partir del cual se considera que ya está listo para ser aplicado al cultivo de fresas.

4.2.3.4 Aplicación del lombriabono en el cultivo de fresa

Se debe tener la precaución de utilizar el abono de lombriz cuando ya se encuentra listo, esto quiere decir, cuando tiene la suficiente riqueza enzimática y microbiológica y además tiene más de tres meses de elaborado y menos de seis meses de almacenado.

Los productores de fresa deben considerar que el lombriabono hace una liberación de nutrientes muy lenta y en función de eso se deben hacer planes de fertilización temprana, o sea antes de establecer el cultivo.

Dos conocedores del tema de fertilización de fresas indican haber tenido buenos resultados haciendo fertilización mixta, la cual consiste en emplear abono sintético

¹⁵ Araya, H. 2011. Producción y utilización de Lombriabono (entrevista). Cartago, CR.

en un 50% y el resto aportarlo al cultivo a través de lombriabono y biofermentos de frutas. En éste caso las plantas hacen uso inmediato del fertilizante sintético y en los estadios fenológicos superiores absorben nutrimentos del abono de lombriz, que debido a su riqueza microbiológica puede continuar liberando nutrimentos hasta cinco años después de su aplicación en campo.

La fertilización empleando lombriabono se puede hacer desde que las plántulas de fresa se trasplantan al suelo y para ello se debe colocar unos 200-250 g. del abono al fondo del hueco cavado, sobre el abono se coloca un poco de tierra y sobre ésta se siembra la planta. Posteriormente se puede hacer una aplicación mensual agregando 150 g. junto a la planta¹⁶.

La fertilización con abono de lombriz ofrece buenos resultados debido a que las plantas de fresa desarrollan sus raíces adventicias muy cerca de la superficie del suelo, lo que les permite obtener nutrientes del lombriabono.

4.2.4 Prevención y control biológico de enfermedades fúngicas

4.2.4.1 Uso de hongos biocontroladores

Dentro del grupo de microorganismos benéficos utilizados para el biocontrol de hongos fitopatógenos destaca el hongo antagonista *Trichoderma sp.* el cual se ha comprobado que presenta diferentes modos o mecanismos de acción que le permiten el control de los fitopatógenos (Casanova *et al.*, s.f.). Entre estos mecanismos se encuentran: competencia por el sustrato, micoparasitismo, antibiosis, desactivación de enzimas del patógeno, lisis, entre otros.

El poder antagónico de *Trichoderma sp.* se ha comprobado en el Laboratorio de Fitoprotección del CNEAO donde se han realizado pruebas *in vitro* de *Trichoderma sp.* ante algunos hongos fitopatógenos, como en el caso de la Figura 25, que

¹⁶ Araya, H. 2011. Producción y utilización de Lombriabono (entrevista). Cartago, CR.

ilustra el resultado de una prueba en la cual se midió el poder antagónico de *Trichoderma sp.* (color verde-gris) en contra de *Fusarium sp.* (color rojo).

Se recomienda a los productores de fresa de Llano Grande el uso de controladores biológicos con poder antagónico para prevenir la aparición y para controlar las poblaciones de hongos fitopatógenos. Para éste propósito, se sugiere a los “freseros” que acudan a entidades gubernamentales como el Laboratorio de Fitoprotección del CNEAO del Instituto Nacional de Aprendizaje ó al Servicio Fitosanitario del Estado para que les faciliten cepas del hongo cuyo poder antagónico en contra de determinados hongos patógenos de fresas ya se haya comprobado e inclusive, se haya reforzado.



Figura 25. Prueba de antagonismo de *Trichoderma sp.* vrs. *Fusarium sp.*

Fuente: El autor (2011).

En muchos de los casos, en los cuales los “freseros” han aplicado fungicidas sintéticos por años y no han hecho aplicaciones preventivas productos de origen biológico, es probable que los hongos fitopatógenos se hayan establecido en los suelos y han adquirido resistencia ante los agroquímicos. En dichos casos el uso de antagonistas como la *Trichoderma sp.* debe ser aún más intensivo con el objetivo de debilitar las poblaciones del fitopatógeno y para procurar que el antagonista se establezca en el suelo.

También se admite que en muchos de los casos no se podrá hacer un cambio inmediato del uso de fungicidas al empleo únicamente la *Trichoderma sp.* Por ejemplo, durante la temporada lluviosa se dan las condiciones ambientales idóneas para el crecimiento y ataque de los fitopatógenos, así que será necesario hacer aplicaciones alternas de *Trichoderma sp.* y del fungicida elegido por el productor.

4.2.4.1.1 *Trichoderma sp.*

Trichoderma sp. es un hongo imperfecto (Deuteromicetes), está formado por micelio septado simple y se reproduce por conidios. Se caracteriza por vivir en el suelo donde se comporta como un buen descomponedor de celulosa y hemicelulosa. Es un antagonista muy agresivo que se aglutina alrededor de las hifas de su hospedero, parasitándolo (micoparasitismo) y causándole la muerte.

Se ha encontrado que *Trichoderma sp.* es un género dominante de suelos tratados con dosis sub-letales de fungicidas, en los cuales se establece, al tiempo que produce antibióticos tóxicos para algunas especies de hongos (gliotoxina), compite por nutrientes y actúa como parásito, jugando un rol importante en la prevención y control integrado de algunas enfermedades fúngicas (Infante *et al.*, 2009).

4.2.4.1.2 *Gliocladium sp.*

El hongo *Gliocladium sp.* pertenece a los Deuteromicetes y se ha identificado como un efectivo antagonista del hongo *Botrytis cinerea* que afecta al cultivo de fresa, posibilitando con ello una protección de los frutos. Tiene la gran ventaja de poderse establecer y desarrollar en diferentes hábitat y suelos, especialmente con pH neutros o alcalinos.

4.2.4.2 Ventajas del uso de hongos biocontroladores

El uso de controladores biológicos como *Trichoderma sp.* y *Gliocadium sp.* para la prevención y control de enfermedades causadas por hongos reúne una serie de ventajas que se describen a continuación:

- Se ha estudiado y reportado en múltiples medios científicos que los hongos fitopatógenos no desarrollan resistencia ante los biocontroladores. Comparativamente, estos mismos hongos fitopatógenos se hacen resistentes a los fungicidas que los productores de fresa aplican en sus campos de forma repetitiva cada ciclo de cultivo¹⁷.
- Los productores que han implementado el uso de biocontroladores para la prevención y control de enfermedades fúngicas consideran que hacer aplicaciones de fungicidas sintéticos es más caro y con el paso del tiempo se va reduciendo su efectividad.
- En un ensayo realizado en el Laboratorio de Fitoprotección del CNEAO se verificó que es totalmente factible aplicar los biocontroladores como la *Trichoderma sp.* de forma asociada con extractos de plantas con propiedades fungicidas, con excepción de los extractos obtenidos a partir de cualquier tipo de chile picante y de *Solanum capsicoides*.
- Otra de las ventajas de usar biocontroladores es la especificidad. En el caso de *Trichoderma sp.* se ha comprobado que controla el crecimiento de algunos hongos fitopatógenos en particular y esto representa una ventaja en comparación con el uso de fungicidas de amplio espectro, que afecta inclusive a hongos benéficos del suelo. En la Figura 25 se muestra que *Trichoderma sp.* tiene efecto antagónico sobre *Fusarium sp.*

¹⁷ Obando, H. 2011. Situación actual de los freseros en Llano Grande (entrevista). Cartago, CR.

- Cuando las condiciones ambientales, físicas, nutricionales y estructurales del suelo lo permiten, los biocontroladores se establecen y permanecen como parte de la microfauna del suelo.
- Cuando los biocontroladores se establecen en el suelo, realizan un control permanente de las poblaciones de otros microorganismos que sí cuentan con un potencial morfogenético para el ataque del cultivo de fresas. Lo anterior no sucede con los fungicidas sintéticos cuyo efecto no perdura por mucho tiempo, debido a que se volatilizan, lavan o infiltran en el suelo y a que en un período determinado pierden sus propiedades químicas.
- También se ha comprobado que el uso de *Trichoderma sp.* para la prevención y control de enfermedades fúngicas no produce ningún efecto secundario sobre la salud del consumidor, ni altera desfavorablemente el balance del ecosistema¹⁸. Esto quiere decir que no produce ningún tipo de polución ni de toxicidad.

4.2.4.3 Desventajas del uso de hongos biocontroladores

A continuación se mencionan las desventajas de emprender el uso de biocontroladores:

- Una de las desventajas del uso de biocontroladores es la temperatura y período de almacenaje, que se requiere para que el producto no pierda sus propiedades. En el caso de *Trichoderma sp.* se sugiere que el producto permanezca en refrigeración a una temperatura de 3-5°C a partir del momento en que concluye la incubación y hasta el día en que se aplique al campo. El tiempo máximo de almacenaje es tres meses y a partir de ese momento el producto puede perder calidad.

¹⁸ Obregón, M. 2011. Efectos de la aplicación de *Trichoderma spp.* en cultivo tropicales (entrevista). Cartago, CR.

- Otro de los factores en contra es el hecho de tener que hacer aplicaciones preventivas antes y durante la siembra, lo que algunas personas podrían considerar como un gran esfuerzo, que inclusive supera a las aplicaciones de fungicidas sintéticos.
- La aplicación de *Trichoderma* a todo el suelo es muy costosa, si se pretende controlar un patógeno que se encuentra distribuido de forma masiva en un terreno. Como consecuencia, muchas veces los productores hacen aplicaciones dirigidas a las zonas ó áreas donde se da la mayor incidencia del hongo fitopatógeno.
- También se destaca como una desventaja la hora de aplicación y las condiciones climáticas necesarias para que sobreviva el biocontrolador y se establezca en el suelo. Debido a la susceptibilidad de la *Trichoderma* a la radiación solar, se recomienda efectuar aplicaciones durante las últimas horas del día a efecto de que el hongo cuente con un período de 12 horas (toda la noche) para su reproducción y establecimiento. No se recomienda hacer aplicaciones cuando llueve de forma torrencial porque esto podría provocar pérdida del material por escorrentía.
- Finalmente, se ha visto que una de las principales desventajas es el desconocimiento generalizado que los agricultores tienen sobre los aspectos técnicos de los biocontroladores.

4.2.4.4 Recomendaciones al utilizar biocontroladores

La aplicación de hongos antagonistas en el cultivo de fresas se puede realizar en cualquier momento. Inclusive antes del trasplante a suelo. Ahora bien, si fuera la primera vez que se aplica *Trichoderma sp.* se sugiere efectuar una aplicación “inundativa” lo que significaría utilizar 6 kg. del producto sólido (fermentado en

arroz) por hectárea. A partir de la segunda ocasión, se deben hacer aplicaciones “inoculativas”, empleando para ello 2 kg. del producto por hectárea.

Con la dosis “inundativa” se busca que el terreno se impregne del antagonista y esto incrementa la posibilidad de que el hongo se establezca y empiece a ejercer su poder antagónico sobre fitopatógenos que se encuentran temporalmente presentes en el suelo como saprófitos facultativos; mientras que con la dosis “inoculativa” el propósito es mantener una determinada cantidad del biocontrolador en el suelo.

La dilución siempre se realiza en la misma proporción, en el caso de los 6 kg se deben mezclar con 400 L. de agua (estañones). También se puede efectuar a razón de 3 kg del producto en 200 L. de agua (estañones), ó en una proporción de 1 kg. en 65 L. de agua. Y si se cuenta únicamente con bombas de espalda (volumen de 18 L.) entonces se debe utilizar 350 g. del producto. El factor determinante lo representa el hecho de ser la primera vez que se aplican al campo, en cuyo caso se trabaja con el triple de la cantidad que se recomienda usar a partir de la segunda aplicación.

Cuando se empieza a detectar un ataque de hongos los productores de fresa se cuestionan cuál producto deben utilizar primero, *Trichoderma sp.* o algún fungicida, en cuyo caso se recomienda elegir un fungicida de etiqueta verde, idealmente aquellos formulados a partir de productos naturales, que no producen impactos severos en el medio ambiente. Después de empleado el fungicida, cuando se perciba una disminución en cantidad e intensidad del ataque del hongo fitopatógeno, se pueden retomar las aplicaciones preventivas del antagonista.

Cuando se aplican biocontroladores en el cultivo de fresas se pueden realizar una serie de prácticas que han mostrado que pueden mejorar el poder de los hongos antagonistas. A continuación se anotan algunas de esas prácticas:

- Cuando se prepara la mezcla del hongo antagonista con agua se puede adicionar 0,5 L. de leche entera por cada 20 L. de agua, con el propósito de

que el hongo se impregne y la leche funcione como un protector de la radiación solar.

- También durante la preparación de la mezcla del hongo antagonista con agua, se puede adicionar 300 g. azúcar por cada 18-20 L. de agua, lo que vendría a suplir parte de los requerimientos energéticos y nutricionales del hongo durante las primeras horas y con esto se promueve un mayor porcentaje de sobrevivencia del hongo antagonista.

4.2.5 Alternativas para reducir el impacto ambiental

Existe una necesidad latente cambiar la forma en que se maneja el cultivo de fresas si se quiere legar una mejor tierra con mejores ecosistemas a las futuras generaciones de la zona de Llano Grande de Oreamuno.

La implementación de las BPA en el cultivo de la fresa, la realización cambios en los sistemas de riego así como en la calidad del agua, la transformación de fertilización química a una fertilización orgánica y la puesta en marcha de un sistema de prevención y control de enfermedades mediante el uso de controladores biológicos es una necesidad urgente.

De ser implementados los cambios que se sugieren en éste documento, se podría reducir y en alguna medida mitigar los daños que ya se le han hecho al medio ambiente. Pero el proceso probablemente será largo y difícil de lograr a cabalidad, debido al elevado número de productores de fresa que existe en la zona de Llano Grande y que no son conscientes de la situación actual ni de los cambios que se deben emprender, ni de los beneficios que con ello se pueden obtener.

Esta propuesta sólo abarca unos pocos de muchos capítulos que se deben considerar en un eventual plan nacional para asegurar la inocuidad de las fresas y para reducir los impactos que el cultivo de la fresa produce al medio ambiente. Pero de todos modos se considera que el factor clave de éxito en proyectos como

éste sería que todos los productores se involucren en las iniciativas y en las actividades.

La propuesta técnica-ambiental para asegurar la inocuidad de fresas cultivadas en Cartago, Costa Rica reúne algunos consejos y directrices que desde ya podrían ir creando una conciencia de cambio entre los “freseros”, quienes al implementar los consejos que aquí se ofrecen, se podrían motivar y convencer de que el cambio es posible, rentable y perdurable.

También se espera que este documento ofrezca información útil para todas las personas (profesionales del agro y de salud, comerciantes, consumidores, investigadores, estudiantes, entre otros) interesadas en hacer de la producción de fresas una actividad más segura desde el punto de vista de inocuidad y menos negativa desde la perspectiva de impacto ambiental y de preservación de los recursos para las futuras generaciones.

5. CONCLUSIONES

1. Los productores de fresa de Llano Grande y sus colaboradores realizan una serie de actividades que desfavorecen la inocuidad del producto. Algunas de las malas prácticas se desarrollan debido al desconocimiento del impacto que pueden tener, mientras que otras cuyos efectos negativos son conocidos y están documentados se realizan por negligencia y falta de supervisión, justificando practicidad y ahorro de recursos, entre ellos el tiempo.
2. El sistema de riego empleado por los cultivadores de fresas en Llano Grande presenta una serie de problemas que podría comprometer la inocuidad de las fresas que en esta zona se producen y comercializan. La mayoría de aguas no son apropiadas para riego debido a que están almacenadas en reservorios a la intemperie y completamente expuestas a diversas fuentes de contaminación, que de llegar a las fresas las convertiría en producto no apto para el consumo humano.
3. En Llano Grande predomina la fertilización química del cultivo de fresa y esto genera contaminación debido al mismo producto y a la inadecuada disposición de los empaques. La utilización del lombricompost como fertilizante puede convertirse en un excelente medio para reutilizar los residuos y remanentes de las cosechas y para aportar al cultivo de fresa los nutrientes que requiere, lo cual permitiría prescindir paulatinamente del abasto de fertilizantes sintéticos.
4. En las explotaciones de fresas de Llano Grande no existen planes de prevención de enfermedades causadas por hongos, consecuentemente se da una utilización masiva de fungicidas sintéticos para el control de estas enfermedades, cuando las condiciones ambientales propician el ataque del hongo ó cuando el patógeno ya se encuentra dañando las plantas de fresa. Debido a que los fungicidas sintéticos no están dando un buen resultado, existe un interés compartido por conocer y emplear controladores biológicos y

esto genera una necesidad latente de capacitación a los cultivadores de fresa de Llano Grande.

5. Todas las experiencias y situaciones documentadas a lo largo de esta investigación permiten comprender que el cultivo de la fresa produce un fuerte impacto ambiental, que podría afectar los ecosistemas y todos sus componentes, la salud humana, la disponibilidad en cantidad y calidad del recurso hídrico, la calidad fisicoquímica y microbiológica del suelo, por décadas.

6. RECOMENDACIONES

Se recomienda que:

1. Todas las instituciones estatales vinculadas o que se puedan vincular de alguna manera con la producción de fresas de Llano Grande inicien planes de motivación, de concientización y de capacitación en temas de BPA e inocuidad, que involucre al mayor número posible de productores de fresa ("freseros"), sean productores o colaboradores.
2. Las universidades estatales realicen estudios que valoren la calidad de las aguas que se utilizan para el riego de las plantaciones de fresa y propongan un plan global de gestión de los sistemas de riego, que permita asegurar la inocuidad de las fresas producidas en Llano Grande. Este mismo plan podría adaptarse a las explotaciones de fresa que se desarrollan en otras zonas de Costa Rica.
3. Al INA y al MAG que emprendan planes de capacitación para productores de fresa ("freseros") en el tema de utilización de fertilizantes y fungicidas de origen orgánico ó biológico, que permita reducir la dependencia de los productos sintéticos y además que posibilite la preservación de recursos (agua y suelo) para las futuras generaciones.
4. A las instituciones vinculadas con el sector salud de Costa Rica que inicien campañas de concientización sobre la importancia de realizar un correcto lavado y desinfección de las fresas, con el propósito de reducir la posibilidad de sufrir afectaciones de salud debido al consumo de fresas contaminadas.

7. BIBLIOGRAFÍA

Almenar Rosaleny, EM. 2011. Envasado activo de fresas silvestres (en línea). España, Universitat de Valencia, Departamento de Bromatología, Salud Pública y Medicina Legal. Consultado 9 en. 2011. Disponible en http://www.tdr.cesca.es/TESIS_UV/AVAILABLE/TDX-0628106-130502//almenar.pdf

Araya, EM. 2008. Poscosecha de Vegetales Frescos. San José, CR, Instituto Nacional de Aprendizaje. 63 p.

Arévalo, DM. 2006. Insecticidas naturales y sintéticos impregnados en fundas de polipropileno para proteger racimos de banano (en línea). Tesis Lic. Limón, CR, EARTH. Consultado 16 feb. 2011. Disponible en <http://usi.earth.ac.cr/glas/sp/dpg/59-06.pdf>

Casanova, E; Sánchez, P; Segarra, G; Borrero, C; Avilés, M; Trillas, Ml. s.f. Beneficios del uso en la agricultura de agentes de control biológico: *Trichoderma asperellum* cepa T34 (en línea). Barcelona, España, Biocontrol Technologies. Consultado 22 mayo 2011. Disponible en http://www.agroecologia.net/recursos/publicaciones/publicaciones-online/2009/eventos-seae/cds/congresos/actas-bullas/seae_bullas/verd/sesiones/16%20S4CSANIDAD%20%28III%29/S4C4.pdf

Chaidez, C. s. f. Inocuidad de frutas y hortalizas frescas: Efectos del agua contaminada (en línea). Sinaloa, MX, Centro De Investigación En Alimentación Y

Desarrollo. 4 p. Consultado 24 mayo 2011. Disponible en <http://www.agualatinoamerica.com/docs/pdf/5-6-02quiroz.pdf>

Consejo Nacional De La Fresa. 2007. Sistema producto fresa: Plan Rector (en línea). Michoacán, MX. Comité Nacional del Sistema Producto Fresa. Consultado 30 en. 2011. Disponible en http://conafresa.com/plan_rector.pdf

Cundom, MA; Mazza de Gaiad, SM; Mazzanti de Castañon, MA; Gutiérrez, SA. 2000. Actividad antagónica *in vitro* de aislamientos de *Trichoderma spp.*, sobre esclerocios de *Sclerotinia sclerotiorum* (en línea). Argentina, Facultad de Ciencias Agrarias de la UNNE. 4 p. Consultado 28 feb. 2011. Disponible en http://www.unne.edu.ar/Web/cyt/cyt/2000/5_agrarias/a_pdf/a_042.pdf

Du Pont. 2005. Lannate LV. DF, MX, Du Pont México. Consultado 18 mayo 2011. Disponible en http://www2.dupont.com/DuPont_Crop_Protection/es_MX/assets/downloads/Lannate_LV.pdf

GFA Consulting Group S.A. 2010. Estudio del estado de la producción sostenible y propuesta de mecanismos permanentes para el fomento de la producción sostenible (*Informe final de consultoría realizada para el MAG, en el Marco del PFPAS*) (en línea). San José, CR, GFA Consulting Group. 417 p. Consultado 20 mayo 2011. Disponible en <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/a00186.pdf>

Gliessman, SR; Swezey, SL; Allison, J; Cochran, J; Farrell, J; Kluson, R; Rosado-May, F; Werner, M. 1990. Strawberry production systems during conversion to organic management (en línea). US, University of California, California Agriculture

44(4):4-7. Consultado 20 mayo 2011. Disponible en <http://ucanr.org/repository/cao/landingpage.cfm?article=ca.v044n04p4&fulltext=yes>

Gliessman, SR; Werner, MR; Swezey, SL; Caswell, E; Cochran, J; Rosado-May, F. 1996. Conversion to organic strawberry management changes ecological processes (en línea). US, University of California, California Agriculture 50(1):24-31. Consultado 23 mayo 2011. Disponible en <http://ucanr.org/repository/cao/landingpage.cfm?article=ca.v050n01p24&fulltext=yes>

Guédez, C; Cañizález, L; Castillo, C; Olivar, R. 2009. Efecto antagónico de *Trichoderma harzianum* sobre algunos hongos patógenos postcosecha de la fresa (*Fragaria spp*) (en línea). Caracas, VE, Revista de la Sociedad Venezolana de Microbiología 29(1):34-38. Consultado 09 en. 2011. Disponible en http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S1315-25562009000100007&script=sci_arttext&tlng=es

Guerena, M; Ames, G. y Born H. 2003. Guía de producción hortícola: Fresas orgánicas y opciones para el manejo integrado de plagas (en línea). Montana, US. Centro Nacional de Tecnología Apropiada, ATTRA. Consultado 29 en. 2011. Disponible en <http://attra.ncat.org/attra-pub/PDF/fresas.pdf>

Infante, D; Martínez, B; González, N; Reyes, Y. 2009. Mecanismos de acción de *Trichoderma* frente a hongos fitopatógenos (en línea). La Habana, Cuba, Revista de Protección Vegetal 24(1):14-21. Consultado 20 feb. 2011. Disponible en <http://scielo.sld.cu/pdf/rpv/v24n1/rpv02109.pdf>

Inocuidad de los alimentos y su relación con la agricultura (II Parte) (en línea). 2006. Nicaragua, La Prensa. Consultado 13 feb. 2011. Disponible en <http://www.laprensa.com.ni/blog/2006/11/13/inocuidad-de-alimentos-y-su-relacion-con-la-agricultura-ii-parte.html>

Inocuidad de los alimentos y su relación con la agricultura: Clasificación de los productos agrícolas por riesgo (III Parte) (en línea). 2006. Nicaragua, La Prensa. Consultado 13 feb. 2011. Disponible en <http://www.laprensa.com.ni/blog/2006/11/20/inocuidad-de-alimentos-y-su-relacion-con-la-agricultura-iii-parte.html>

Joint Institute For Food Safety and Applied Nutrition. 2002. La importancia de la formación para mejorar la seguridad y calidad de las frutas y hortalizas frescas (en línea). US, University of Maryland. 24 p. Consultado 30 en. 2011. Disponible en http://groups.ucanr.org/UC_GAPs/documents/Other_Training_Resources2667.pdf

Lukkari, T. 2004. Earthworm responses to metal contamination: Tools for soil quality assessment. Finland, University of Jyväskylä. 64 p. Consultado 11 en. 2011. Disponible en <https://jyx.jyu.fi/dspace/bitstream/handle/123456789/13135/951391996X.pdf?sequence=1>

Mata, N; Sánchez, ML; Moreno, ML; Franco, O. Vermicomposteo de desechos de verdura de Tianguis y su efecto en la germinación *Marrubium vulgare* (en línea). DF, MX, Universidad Profesional Interdisciplinaria De Biotecnología. 8 p. Consultado 20 mayo 2011. Disponible en

http://www.uaemex.mx/Red_Ambientales/docs/memorias/Extenso/TA/EO/TAO-65.pdf

Méndez, O. 2006. Lombricultura. San José, CR, Instituto Nacional de Aprendizaje. 45 p.

Ministerio de Agricultura y Ganadería. 2011. *Fragaria spp.* Rosaceae (en línea). San José, CR. MAG. Consultado 9 en. 2011. Disponible en http://www.mag.go.cr/biblioteca_virtual_ciencia/tecfresa.pdf

Molina, N. 2001. Uso de extractos botánicos en control de plagas y enfermedades (en línea). Costa Rica, CATIE, Manejo Integrado De Plagas (59): 76-77. Consultado 21 mayo 2011. Disponible en <http://web.catie.ac.cr/informacion/rmip/rev59/pag76.pdf>

OPS. 2006. Guía para la educación sanitaria de usuarios de sistemas de agua y saneamiento rural. Lima, Perú, Oficina Regional de la Organización Mundial de la Salud. 33 p. Consultado 19 mayo 2011. Disponible en <http://bvs.per.paho.org/tecapro/documentos/miscela/guiaeducsanitaria.pdf>

Portocarrero, MA. 2007. Plan para la implementación de las buenas prácticas agrícolas (BPA) para la producción de alimentos inocuos (frutas y hortalizas) en el Perú. Tesis Mag. Sc. San José, CR, Universidad Para La Cooperación Internacional. 122 p.

Sagñay, NI. 2009. Control de calidad de frutilla (*Fragaria vesca*) deshidratada por método de microondas a tres potencias. Tesis Lic. Bioq. Farmac. Riobamba, Ecuador, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. 114 p. Consultado 11 en. 2011. Disponible en <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/209/1/56T00181.pdf>

Sutton, JC; Peng, G. 1993. Disease control and pest management: Biocontrol of *Botrytis cinerea* in strawberry leaves (en línea). Ontario, Canadá, Department of Environmental Biology, University of Guelph. *Phytopathology* (83):615-621. Consultado 21 mayo 2011. Disponible en http://www.apsnet.org/publications/phytopathology/backissues/Documents/1993Articles/Phyto83n06_615.pdf

Universidad Nacional Agraria La Molina. 2005. Características técnicas del cultivo de la Fresa en Perú (en línea). Lima, Perú. Oficina Académica de Investigación, Facultad de Agronomía. Consultado 11 en. 2011. Disponible en <http://www.lamolina.edu.pe/siglo21/marzo/Fresa%20%28Fragaria%20vesca%293.pdf>

Vestal, TA; Dainello, FJ; Lucas, J. s.f. Mejorando la seguridad de alimentos complejos utilizando la tecnología de rayos de electrones: Seguridad contra microbios de las frutas, vegetales y verduras (Lección 1) (en línea). Texas, US, USDA-CSREES. 22 p. Consultado 23 mayo 2011. Disponible en <http://hortweb.tamu.edu/foodsafety/Spanishmodule1.pdf>

Vielma-Rondón, R; Ovalles-Durán, JF; León-Leal, A; Medina, A. 2003. Valor nutritivo de la harina de lombriz (*Eisenia foetida*) como fuente de aminoácidos y su

estimación cuantitativa mediante cromatografía en fase reversa (HPLC) y derivatización precolumna con o-ftalaldehído (OPA) (en línea). Mérida, VE, Universidad de los Andes. *Ars Pharmaceutica* 44(1):43-58. Consultado 22 mayo 2011. Disponible en

<http://dspace.universia.net/bitstream/2024/333/1/Lombrices.pdf>

8.ANEXOS

Anexo 1: ACTA DEL PROYECTO FINAL DE GRADUACIÓN

ACTA (CHARTER) DEL PROYECTO FINAL DE GRADUACIÓN (PFG)

Nombre y apellidos: Ronny Cortés Paniagua

Lugar de residencia: Costa Rica, Cartago, La Unión, San Diego, Residencial Paso Real

Institución: Instituto Nacional de Aprendizaje

Cargo / puesto: Instructor e Investigador

Información principal y autorización del PFG	
Fecha: 13 de Enero del 2011	Nombre del proyecto: Propuesta técnica-ambiental para asegurar la inocuidad de Fresas cultivadas en Cartago, Costa Rica.
Áreas de conocimiento: Agricultura orgánica Fertilización (Abonos orgánicos) Control biológico de enfermedades fúngicas Inocuidad de Alimentos Buenas Prácticas Agrícolas Buenas Prácticas de Manufactura	Áreas de aplicación: Productores de Fresas de Cartago, C.R.
Fecha de inicio del proyecto: 10/02/2011	Fecha tentativa de finalización: 10/05/2011
Tipo de PFG: (tesina / artículo) <p style="text-align: center;">Tesina</p>	
Objetivo General del Proyecto: “Proponer un plan técnico-ambiental para asegurar la inocuidad de fresas cultivadas en Cartago, Costa Rica”	
Objetivos Específicos del Proyecto:	

- Explicar la importancia de asegurar la inocuidad de las fresas mediante la implementación de BPA y BPM a través de todo el ciclo del cultivo.
- Sugerir un sistema de riego que evite la contaminación de las fresas con químicos y microorganismos peligrosos.
- Diseñar un plan de fertilización de las fresas con abono de lombriz libre de microorganismos peligrosos para el ser humano.
- Proponer un sistema sostenible para la prevención y el control biológico de enfermedades fúngicas en el cultivo de la Fresa.

Descripción del producto:

El producto final será una Propuesta técnica-ambiental para asegurar la inocuidad de Fresas cultivadas en Cartago, Costa Rica.

Incluirá una descripción de las generalidades del cultivo de las fresas y se prestará especial atención a los factores que ayuden a asegurar la inocuidad de las mismas.

Para ello, se hará un planteamiento técnico-ambiental de BPA y BPM que se pueden implementar en el riego, en la fertilización y en el control de enfermedades fúngicas; tendientes a asegurar que las fresas que salen de las unidades productivas (fincas) al mercado son seguras para el consumo humano.

Necesidad del proyecto:

La fresa (*Fragaria* spp) es una fruta de distribución mundial, muy apreciada para consumo fresco y la elaboración de postres, debido a sus cualidades de color, aroma y acidez, además es una fruta rica en vitaminas A y C, pero debido a que su producción se suele realizar a la intemperie y a que el fruto se encuentra siempre cerca del suelo, expuesto a la contaminación ambiental, se considera como un producto de alto riesgo.

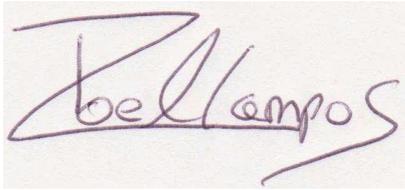
Otros de los factores que hacen que las fresas sea un producto crítico, es el hecho de que carece de cáscara o cutícula, además, se consume fresco y por lo general sólo se lava con agua sin que se someta a un proceso de desinfección o esterilización.

Así, es determinante que el cultivo de las fresas se maneje en total apego a un plan técnico-ambiental tendiente a asegurar su inocuidad y es eso precisamente lo que se hará con ésta investigación; proponer un plan de manejo del cultivo que le permita a los productores asegurar la inocuidad de las Fresas.

Justificación de impacto del proyecto:

Se espera que la propuesta resultante de ésta investigación permita a los productores de fresas implementar una serie de prácticas sostenibles que repercutirán de la siguiente manera:

- Mejores rendimientos en cantidad y calidad
- Menores índices de contaminación ambiental (agua, suelo, aire, flora, fauna, microflora y microfauna)

<ul style="list-style-type: none"> - Menor contaminación del personal que labora en la unidad productiva - Fresas más seguras para el consumo humano 	
<p>Restricciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tiempo disponible puede resultar insuficiente - Poca colaboración o información por parte de los productores que se entrevistarán 	
<p>Entregables: El producto final será el Informe del PFG, en total apego al modelo de PFG establecido por la UCI y que describirá una Propuesta técnico-ambiental para asegurar la inocuidad de Fresas cultivadas en Cartago, Costa Rica.</p>	
<p>Identificación de grupos de interés:</p> <p>Cliente(s) directo(s): Productores de Fresas</p> <p>Cliente(s) indirecto(s): Consumidores de Fresas Fábricas procesadoras de Fresas Empresas distribuidoras y comercializadoras de Fresas Autoridades fitosanitarias (Ministerio de Agricultura-MAG) de Costa Rica Ministerio de Salud de Costa Rica Investigadores agronómicos Académicos y estudiantes universitarios</p>	
<p>Aprobado por (Tutor):</p> <p>Rooel Campos Rodríguez</p>	<p>Firma:</p> 
<p>Estudiante:</p> <p>Ronny Cortés Paniagua</p>	<p>Firma:</p> 

--	--

Anexo 2: PRODUCCIÓN MASIVA DE BIOCONTROLADORES

Para que los microorganismos que poseen propiedades antagonistas (*Trichoderma sp.* y *Gliocladium sp.*) puedan ser utilizados en la agricultura orgánica como una alternativa para la prevención y control de hongos fitopatógenos, deben ser producidos masivamente mediante tecnologías que sean viables y aplicables económica, ambiental y socialmente.

1. Preparación de Matrices

1.1 Esterilización de matrices

En botellas de vidrio transparente de un litro, agregar 100 gramos de arroz 80/20 (80 % grano entero, 20 % puntilla), vertir 30 ml de agua, colocar tapón de algodón, agitar y autoclavar, durante 15 minutos a 121°C y 15 libras de presión. Luego de éste período de autoclavado, las botellas se deben agitar vigorosamente tratando que el arroz quede completamente desprendido entre sí y de la pared de la botella.

1.2 Preparación de inóculo para la matriz

Seleccionar un cultivo puro (en plato petri) del microorganismo a producir, con un bisturí estéril raspar el hongo desarrollado en el medio y colocarlo en 50 ml de agua estéril contenida en un frasco, seguidamente se debe agitar para homogenizar la solución del hongo (Figura 26).

1.3 Inoculación de matrices

Con una jeringa desechable estéril, medir 15 ml del inóculo preparado e inyectarlo en la matriz estéril. Agitar y colocar la matriz inoculada en el área o cuarto de

crecimiento durante 8 días a 30°C, con un fotoperíodo de 12 horas y 80% de humedad relativa (Figura 26).

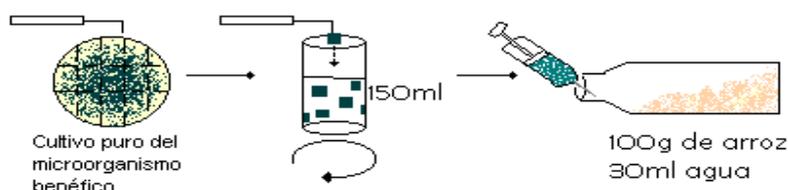


Figura 26. Preparación de matrices de antagonistas.

Fuente: Obregón, M. 2006. Reproducción semi-industrial de controladores biológicos. Cartago, CR, Instituto Nacional de Aprendizaje. 28 p.

2. Preparación de bolsas

2.1 Esterilización de bolsas

En bolsas de propileno, agregar 300 g. de arroz 80/20 (80 % grano entero, 20 % puntilla), vertir 90 ml. de agua, doblar el borde de la bolsa, engrapar, agitar y autoclavar, durante 15 minutos a 121°C y 15 libras de presión. Luego, la bolsa se debe agitar vigorosamente para que el arroz se desprenda entre sí y de las paredes de la bolsa.

2.2 Preparación de inóculo para la bolsa

Una vez desarrollado el hongo antagonista en la matriz, vertir 600 ml de agua destilada y estéril, agitar fuertemente procurando que todo el hongo se desprenda del arroz y filtrar el contenido a través de un colador estéril y recuperar la solución del hongo en un matraz estéril (Figura 27).

2.3 Inoculación de bolsas

Del inóculo preparado tomar con una jeringa desechable estéril 15 ml. e inyectarlo en la bolsa que contiene el arroz estéril y agitar procurando que todo el arroz se impregne con el inóculo. Colocar las bolsas inoculadas en el área de crecimiento durante 8 días a una temperatura de 30°C, fotoperíodo de 12 horas y 80 % de humedad relativa (Figura 27).

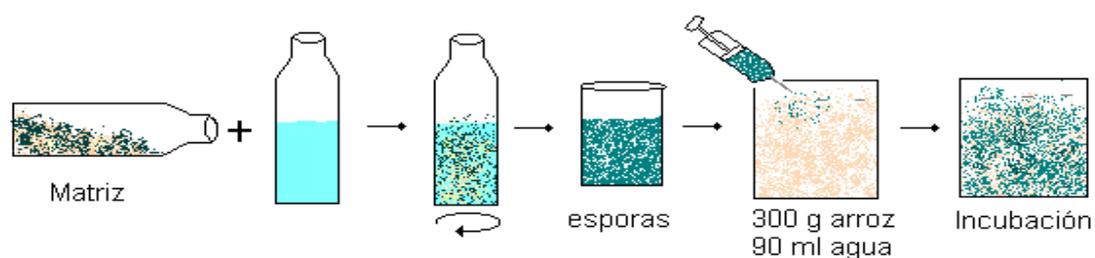


Figura 27. Preparación de bolsas con *Trichoderma sp.*

Fuente: Obregón, M. 2006. Reproducción semi-industrial de controladores biológicos. Cartago, CR, Instituto Nacional de Aprendizaje. 28 p.