



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA

Facultad de Ciencias Agroalimentarias

Escuela de Economía Agrícola y Agronegocios

Análisis económico, ambiental y social de la implementación y administración de sistemas de biopurificación de plaguicidas (Biobeds) en el cultivo de café, en los cantones de Naranjo y Palmares de Alajuela.

Trabajo Final de Graduación para optar por el grado de

LICENCIATURA EN ECONOMÍA AGRÍCOLA CON ENFÁSIS EN AGROAMBIENTE

Modalidad: Práctica Dirigida

Sustentante: Alfredo Antonio Meneses Garzona

Carné: B14138

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio

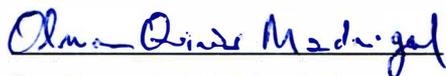
2022

Hoja de aprobación

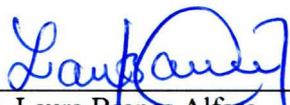
Este trabajo final de graduación fue aceptado por el Comité Asesor de la Escuela de Economía Agrícola y Agronegocios, de la Facultad de Ciencias Agroalimentarias de la Universidad de Costa Rica, como requisito para optar por el grado académico de Licenciado en Economía Agrícola con énfasis en Agroambiente.



M.Sc Eliecer Ureña Prado
Presidente de tribunal examinador



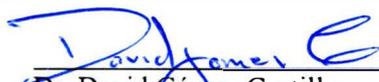
Dr. Olman Quirós Madrigal
Director del proyecto final de graduación



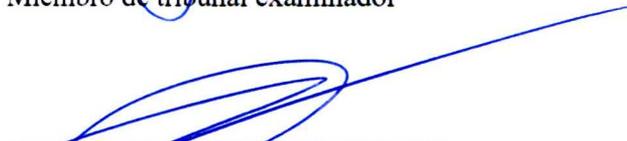
Mag. Laura Bienes Alfaro
Miembro de tribunal examinador



MGA. Enrique Montenegro Hidalgo
Miembro de tribunal examinador



Dr. David Gómez Castillo
Miembro de tribunal examinador



Alfredo Meneses Garzona
Postulante

Trabajo Final de Graduación bajo la modalidad de práctica dirigida sometido a revisión por la Comisión de Trabajos Finales de Graduación de la Escuela de Economía Agrícola y Agronegocios, de la Facultad de Ciencias Agroalimentarias de la Universidad de Costa Rica, como requisito para optar por el grado de Licenciatura en Economía Agrícola y Agronegocios con énfasis en Agroambiente



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA

EEAA Escuela de
Economía Agrícola y
Agronegocios

**ACTA DE PRESENTACIÓN DE REQUISITO FINAL DE GRADUACION
EEAA- Nro. 02-2022**

Sesión del Tribunal Examinador celebrada el día miércoles 23 de marzo del 2022, bajo la modalidad virtual debido a la coyuntura de emergencia nacional por el covid-19, por lo que, se realiza por la aplicación zoom, con el objeto de recibir el informe oral del estudiante Alfredo Antonio Meneses Garzona, carné B14138, quién se acoge al Reglamento de Trabajos Finales de Graduación bajo la modalidad de práctica dirigida de graduación, para optar al grado de **Licenciado en Economía Agrícola y Agronegocios con énfasis en Agroambiente**.

Están presentes los siguientes miembros del Tribunal:

MSc. Eliecer Ureña Prado	Presidente
Dr. Olman Quirós Madrigal	Director del Proyecto
M.Sc. Laura Brenes Alfaro	Miembro del Tribunal
Mga. Enrique Montenegro Hidalgo	Miembro del Tribunal
Dr. David Gómez Castillo	Miembro del Tribunal

ARTÍCULO I

El presidente informa que el expediente del estudiante Alfredo Antonio Meneses Garzona, contiene todos los documentos de rigor, incluyendo el recibo de pago de los derechos de graduación. Declara que el postulante cumplió con todos los demás requisitos del plan de estudios correspondientes y, por lo tanto, se solicita que proceda hacer la exposición.

ARTÍCULO II

El postulante, hace la exposición oral de su trabajo final de graduación titulado: *“Análisis económico, ambiental y social de la implementación y administración de sistemas de biopurificación de plaguicidas (Biobeds) en el cultivo de café, en los cantones de Naranjo y Palmares de Alajuela”*.

ARTÍCULO III

Terminada la disertación, los miembros del Tribunal Examinador interrogan al Postulante durante el tiempo reglamentario y, una vez concluido el interrogatorio, el Tribunal se retira a deliberar.

ARTICULO IV

El Tribunal considera el trabajo final de graduación satisfactorio y le confiere la calificación de:

Aprobado 9.0

Teléfono: 2511-8733, 2511-8777 y 2511-8778 Sitio web: eeaa@ucr.ac.cr





UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA

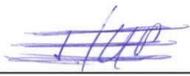
EEAA Escuela de
Economía Agrícola y
Agronegocios

ARTÍCULO V

El Presidente del Tribunal comunica al Postulante el resultado de la deliberación y lo declaran acreedor al grado de **Licenciado**.

Se le indica la obligación de presentarse al Acto Público de Juramentación, al que será oportunamente convocado.

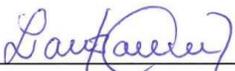
Se da lectura al Acta que firman los Miembros del Tribunal Examinador y el Postulante, a las _____ horas del día _____ del dos mil veintidos.



Representante de Dirección



Director



Miembro



Miembro



Miembro



Postulante

cc/ Oficina de Registro, Postulante, Unidad Académica



Dedicatoria

A Dios,

A mi familia,

A mis papás

A Isabella

Al CICA

Agradecimientos

A mis papás por siempre esforzarse y darme todas las herramientas y cariño para seguir adelante, y a mi familia por estar ahí siempre.

A Isabella, por todos estos años de apoyo incondicional durante toda esta etapa y por siempre estar ahí.

A Mag. Laura Brenes Alfaro por todo el apoyo durante todos estos años y por darme la oportunidad de llevar a cabo este proyecto y por confiar en mí desde un principio.

A M. Sc. Mario Masis Mora por todo el apoyo brindado y su guía incondicional.

A Lic. Mayela Monge por todo el apoyo brindado.

Al Dr. Carlos Rodríguez Rodríguez por permitirme realizar este trabajo final dentro de su proyecto.

Al Dr. Olman Quirós y a M.G.A Enrique Montenegro por su guía y apoyo para realizar el proyecto.

Al Centro de Investigación en Contaminación Ambiental, por darme momentos tan increíbles de aprendizaje y crecimiento, así como la oportunidad de conocer a tantas personas increíbles que trabajan en el Centro.

A CoopePalmares y CooproNaranjo por toda la ayuda para la realización del proyecto y puesta en marcha.

A todas las personas que estuvieron involucradas de alguna forma en el desarrollo de este proyecto.

Muchas gracias.

Contenido

CAPÍTULO 1. Introducción	1
1.1 Descripción del problema	3
1.2 Justificación	6
1.3 Objetivos.....	8
1.3.1 Objetivo general.....	8
1.3.2 Objetivos específicos	8
CAPÍTULO 2. Fundamento teórico	9
2.1 Marco de antecedentes	9
2.1.1 Historia de los SBP	10
2.2 Marco teórico-conceptual	12
2.2.1 Descripción del cultivo de café	12
2.3 Biobeds o Sistemas de Biopurificación (SBPs).....	13
2.4 Evaluación de Impacto Ambiental (EIA)	14
2.4.1 Método Delphi	16
2.5 Marco geográfico	17
CAPÍTULO 3. Metodología	23
3.1 Tipo de investigación	23
3.2 Recolección de datos.....	24
3.3 Metodología para el análisis económico	24
3.4 Metodología de Evaluación de Impacto Ambiental	25
3.5 Metodología de análisis social	29
3.6 Operacionalización de variables.....	29
CAPÍTULO 4. Caracterización de los sistemas de biopurificación y sus oportunidades de adopción y adaptación en las fincas cafetaleras de la zona de estudio	35

CAPÍTULO 5. Resultados de la evaluación de impacto ambiental a la actividad cafetalera de la zona de estudio por medio del Método Delphi	39
5.1 Resultados del primer cuestionario	39
5.2 Resultados del segundo cuestionario	40
5.3 Resultados tercer cuestionario y argumentación de expertos.....	45
CAPÍTULO 6. Efectuar un análisis económico y social con respecto a la implementación, administración y mantenimiento de los biobeds, en la zona y cultivo seleccionados.....	61
6.1 Resultados y discusión de las encuestadas realizadas en Palmares.....	61
6.1.1 Información general de los productores de Palmares	61
6.1.2 Conocimientos técnicos del cultivo	67
6.1.3 Medidas de seguridad	70
6.1.4 Manejo del suelo.....	72
6.1.5 Manejo de aguas	75
6.2 Resultados y discusión de las encuestadas realizadas en Naranjo	77
6.2.1 Información general productores de Naranjo.....	77
6.2.2 Conocimientos técnicos del cultivo	80
6.2.3 Medidas de seguridad	85
6.2.4 Manejo de suelo.....	87
6.2.5 Manejo de aguas	88
6.2.6 Análisis de costos de producción.....	89
6.3 Aplicación del Valor Actual de los Costos para los biobeds	89
6.4 Estructura de costos de producción de café para productores de Palmares y Naranjo	98
CAPÍTULO 7. Implementación de los biobeds con la biomezcla optimizada en fincas cafetaleras seleccionadas.....	101
7.1 Configuración de los sistemas de biopurificación o biobeds	105
7.2 Estrategias para el mantenimiento y uso de los biobed, por parte de los productores....	106
CAPÍTULO 8. Conclusiones y recomendaciones	109
8.1 Conclusiones	109

8.2	Recomendaciones	111
Anexos		121

Índice de Cuadros

Cuadro 1. Resultados de la calificación de medios	39
Cuadro 2. Resultado de la evaluación de factores del medio biofísico.	41
Cuadro 3. Resultado de la evaluación de factores del medio socio-económico.....	42
Cuadro 4. Resultado de la evaluación de factores del medio rural.....	43
Cuadro 5. Resultado de la evaluación de factores del medio belleza escénica.	44
Cuadro 6. Uso y frecuencia de equipo de protección personal de productores.....	71
Cuadro 7. Prácticas de conservación de suelos.	73
Cuadro 8. Uso y frecuencia de equipo de protección.	86
Cuadro 9. Prácticas de conservación de suelo.	87
Cuadro 10. Materiales para construir un biobed de 200 L, a noviembre de 2021	91
Cuadro 11. Costos anuales de mantenimiento de biobed de 200 L.....	92
Cuadro 12. Materiales para construir un biobed de 1000 L, a noviembre de 2021.....	93
Cuadro 13. Cálculo de reposición de biomezcla para biobed de 1000L.	95
Cuadro 14. Resumen de resultados del VAC.	97

Índice de tablas

Tabla 1. Operacionalización de variables	31
Tabla 2. Argumentación sobre el puntaje otorgado a los factores del medio biofísico, por parte del panel de expertos.....	49
Tabla 3. Argumentación sobre el puntaje otorgado a los factores del medio socio-económico, por parte del panel de expertos	52
Tabla 4. Argumentación sobre los factores del medio rural.	55
Tabla 5. Argumentación sobre los factores del medio belleza escénica.....	58
Tabla 6. Cálculo de reposición de biomezcla para biobed de 200L.	93
Tabla 7. Cálculo de reposición de biomezcla para biobed de 1000L.	94
Tabla 8. Productores con biobeds implementados por medio del proyecto, 2021.....	103
Tabla 9. Seguimiento al mantenimiento y uso de los biobeds instalados en Naranjo	107
Tabla 10. Seguimiento al mantenimiento y uso de los biobeds instalados en Palmares ...	108

Índice de Figuras

Figura 1. Imagen satelital del distrito central del cantón de Palmares de Alajuela.	19
Figura 2. Imagen satelital de la cobertura cafetalera alrededor del distrito central de Palmares de Alajuela.	20
Figura 3. Imagen satelital del distrito central del cantón de Naranjo de Alajuela.	20
Figura 4. Imagen satelital de la cobertura cafetalera alrededor del distrito central de Naranjo de Alajuela.	21
Figura 5. Respuestas a la pregunta: ¿Está de acuerdo con el puntaje otorgado a los factores del medio biofísico?.....	47
Figura 6. Respuestas a la pregunta: ¿Está de acuerdo con el puntaje otorgado a los factores del medio socio-económico?	51
Figura 7. Respuestas a la pregunta: ¿Está de acuerdo con el puntaje otorgado a los factores del medio rural?	54
Figura 8. Respuestas a la pregunta: ¿Está de acuerdo con el puntaje otorgado a los factores del medio belleza escénica?.....	57
Figura 9. Tipo de plantación de café, productores de Palmares	61
Figura 10. Relación de la persona encuestada con la finca.	62
Figura 11. Nivel de escolaridad de los productores de Palmares encuestados	63
Figura 12. Existencia de ingeniero agrónomo en finca, Palmares.....	64
Figura 13. Porcentaje de productores con ingresos por otras actividades.	64
Figura 14. Mano de obra familiar en fincas cafetaleras de Palmares	65
Figura 15. Existencia de mano de obra familiar cuando no hay cosecha.	66
Figura 16. Decisión de aplicación de plaguicidas.	69
Figura 17. Lugares de almacenamiento de plaguicidas.	70
Figura 18. Toma de muestras de suelo de las fincas.....	72
Figura 19. Tipos de manejo de los restos de poda.	74
Figura 20. Fuentes de agua cercanas a la finca.....	75
Figura 21. Fuentes de agua para las actividades agrícolas.	76
Figura 22. Tipo de producción de los productores de café de Naranjo.	77
Figura 23. Nivel de escolaridad de los productores encuestados de Naranjo.....	78

Figura 24. Ingresos adicionales por otras actividades.....	79
Figura 25. Precios promedio de café verde y maduro, Naranjo 2019.....	80
Figura 26. Decisión de aplicación de plaguicidas productores de Naranjo.	81
Figura 27. ¿Le sobra mezcla de plaguicidas?.....	82
Figura 28. Utiliza carteles de aplicación de plaguicidas en la finca.	83
Figura 29. Productores de Naranjo que lavan equipos después de aplicar plaguicidas.	83
Figura 30. Productores de Naranjo que llevan registros de aplicación de plaguicidas.	84
Figura 31. Lugar de almacenamiento de plaguicidas.....	85
Figura 32. Disposición de envases de plaguicidas.	86
Figura 33. Biobed de 200 L.....	91
Figura 34. Biobed de 1000 L instalado.....	94
Figura 35. Biobed de 1000 L colocado en Coopronaranjo.....	104

Índice de ecuaciones

Ecuación 1. Valor actual de los costos.....25

Ecuación 2. Fórmula para establecer el tamaño de la muestra de productores a encuestar .32

Índice de abreviaturas

<i>Abreviatura</i>	<i>Significado</i>
UCR	Universidad de Costa Rica
CICA	Centro de Investigación en Contaminación Ambiental
SBP	Sistema de Biopurificación
Icafé	Instituto del café de Costa Rica
VAC	Valor actual de los costos
EIA	Evaluación de impacto ambiental

CAPÍTULO 1. Introducción

La importancia de preservar el suelo cultivable es muy importante porque todas las personas necesitan tener alimento disponible y esto, en su mayoría, proviene de este importante elemento. De igual manera, muchas familias se ven beneficiadas económicamente de lo que producen, subsisten y utilizan el suelo para proveer de alimentos a la población. Aparte del suelo, el agua es un elemento esencial para la vida y para el planeta, y es necesario para muchos procesos; de ahí la importancia de protegerlo y evitar su posible contaminación de forma que esté disponible durante mucho tiempo y con la mejor calidad posible.

Considerando la importancia de los recursos mencionados, se estudian y ponen en práctica alternativas que resguarden la calidad de nuestros suelos y del recurso hídrico. Todo esto resulta necesario debido al uso de plaguicidas y otros contaminantes que pueden afectar los ecosistemas, y a la vez, por la posibilidad de mantener sustentables dichos recursos, al regular el uso del suelo y el agua para la agricultura, y así generar menos riesgos para la seguridad alimentaria.

Razones como las anteriores generan iniciativas que buscan nuevas alternativas de purificación de los recursos suelo y agua que se puedan implementar en los distintos tipos de producción agrícola. En ese sentido, en esta investigación se analizaron y manejaron como alternativa los sistemas de biopurificación (*biobeds* o biocamas), una tecnología ecológica creada en los años 90 en Suecia (Castillo et al., 2008), los cuales cuentan con tres componentes: un componente húmico, el suelo del mismo lugar donde se va a colocar el biobed, y un material lignocelulósico. Por su parte, y en respuesta a la problemática de la presencia de plaguicidas en el ambiente en Costa Rica, esta tecnología ha sido estudiada por el Centro de Investigación en Contaminación Ambiental (CICA), de la Universidad de Costa Rica (UCR) (Chin et al., 2015), con el fin de tropicalizar los componentes y corroborar cuáles son los adecuados para su uso en nuestro país.

En este trabajo se trataron con más detalle los materiales y las características generales de los sistemas de biopurificación de plaguicidas, ya que uno de los objetivos fue la búsqueda de la

implementación de estos sistemas. En el marco teórico y en la metodología se explicarán los sistemas de biopurificación o biobeds.

Además, en el capítulo 3 se caracterizan los sistemas de biopurificación y sus oportunidades de adopción y adaptación en las fincas en las cuales se realizó el estudio y se pretendía su implementación. El capítulo toca temas relacionados con los retos que supusieron la implementación y las razones por las cuales los productores estuvieron dispuestos a colocar los sistemas de biopurificación en sus fincas.

El capítulo 4 trata sobre la evaluación de impacto ambiental a la actividad cafetalera de la zona de estudio por medio del Método Delphi, el cual realiza un análisis de impacto ambiental de la aplicación de plaguicidas por medio de criterios de expertos donde evalúan los medios biofísicos, socio económico, rural y de belleza escénica, y los correspondientes factores que se encuentran presentes en el cultivo de café.

En cuanto al capítulo 5, se efectuó un análisis económico y social con respecto a la implementación, administración y mantenimiento de los biobeds, en la zona y cultivo seleccionados, donde se contemplaron encuestas a productores asociados tanto a CooproNaranjo y a CoopePalmares con el fin de generar un panorama sobre los aspectos mencionados.

Finalmente, el capítulo 6 corresponde al cómo se implementaron los sistemas de biopurificación en las fincas que fueron seleccionadas por cada cooperativa, siguiendo una serie de criterios de selección, así como la descripción de los materiales y el proceso de armado de cada biobed. También, se presenta la estrategia a seguir y cómo tiene relación y continuidad con el proyecto en el cual se enmarcó este trabajo final de graduación, titulado “Biorremediación de contaminantes orgánicos en aguas residuales agropecuarias: diseño de estrategias ecoamigables para la eliminación de contaminantes emergentes y aplicación de sistemas de biopurificación de plaguicidas”, del CICA – UCR.

1.1 Descripción del problema

Desde hace muchos años, nuestro país mantiene a la agricultura como principal actividad y necesita de agroquímicos para mantener una alta producción de sus cultivos para procurar contener una baja población de patógenos que pueden afectar los cultivos, Por ejemplo, en café son usuales los hongos como la roya del café (*Hemileia vastatrix*), chasparria (*Cercospora coffeicola*), ojo de gallo (*Mycena Citricolor*), derrite (*Phoma costarricensis*), antracnosis (*Colletotrichum coffeanum*)(Hernández Aguilar, 2010) y plagas como Joboto (*Phyllophaga spp.*), Cochinilla (*Hemiptera: Pseudococcidae*) y Nemátodos (*Nematoda*), ocasionan que el consumo de plaguicidas aumente o se busquen alternativas nuevas más agresivas para erradicar o disminuir los problemas, con el fin de no ver afectados los productos obtenidos y ofrecerlos a la población para su consumo.

El problema de los plaguicidas según Chin et al. (2015), es que son algunos de los compuestos orgánicos más utilizados en todo el mundo. En actividades agrícolas, la aplicación de estos compuestos en los cultivos puede provocar la contaminación del suelo y del recurso hídrico, incluyendo las aguas superficiales y subterráneas.

En el caso de contaminación debida a fuentes puntuales por plaguicidas (fuentes únicas identificables y localizadas de contaminación) incluye, entre otras causas, el manejo inadecuado de esos productos durante la preparación de las soluciones, el llenado y el lavado del equipo de aplicación y la eliminación de residuos después de aplicar plaguicidas en los campos de cultivo.

Además, Bach (2009) indica que el periodo de 1990 al 2006 se caracterizó por la constancia del área agrícola (entre 432.000 y 457.000 hectáreas), pero con una tendencia muy marcada de disminución de cultivos para consumo nacional y un aumento exagerado en las áreas dedicadas a los cultivos para exportación, con mayor consumo de agroquímicos (p. 7). Las áreas dedicadas a cultivos de exportación aumentaron 125.000 ha más en ese periodo, debido a los cultivos de la piña, palma africana, tubérculos, naranja, banano, melón, plátano, palmito, mango, ornamentales, flores y helechos.

En dicho sentido, la propuesta realizada por el CICA (2017) al Ministerio de Ciencia, Tecnología y Telecomunicaciones (MICITT), bajo la cual se desarrolló este proyecto, menciona lo siguiente sobre el problema del país, tanto con los plaguicidas como con contaminantes emergentes:

“Costa Rica es un país con extensiva explotación agropecuaria y, como consecuencia a esta, se producen grandes cantidades de aguas residuales que contienen contaminantes emergentes (CEs), como fármacos y antibióticos, y plaguicidas. El manejo inadecuado de estos residuos lleva a la contaminación de aguas superficiales y subterráneas, así como del suelo. Por tanto, es una necesidad nacional mejorar y regular el manejo de plaguicidas y CEs en el país y, además, trabajar en la implementación de estrategias de remediación para estos grupos de contaminantes, para reducir su impacto ambiental y en la salud humana” (p. 27).

La estrategia de remediación que el CICA presentó ante el MICITT son los “sistemas de biopurificación de plaguicidas”, “biobeds”, “biocamas” o “lechos biológicos”, los cuales son distintas denominaciones para hacer referencia a los sistemas que se originaron en Suecia, en la década de los 90, en respuesta a la necesidad de métodos simples y efectivos para minimizar la contaminación ambiental por el uso de plaguicidas, especialmente cuando se llena el equipo de aplicación de plaguicidas (por ejemplo, la bomba de espalda), siendo esta una típica fuente puntual de contaminación. (MICITT, 2017).

Un manejo inadecuado de plaguicidas y otros químicos puede ocasionar la presencia de sus residuos en aguas superficiales y subterráneas, y en grandes volúmenes de suelo. Resulta importante identificar las prácticas en finca sobre el manejo y uso de esos productos, pues el uso y manejo de plaguicidas en la agricultura representa un posible riesgo de generar contaminación, al existir tres pasos críticos usualmente involucrados: verter concentrados de plaguicidas al tanque de aspersión y su dilución; fumigar con plaguicidas el cultivo; y por

último, la gestión de los residuos dejados en el interior y exterior (retenido en las paredes exteriores) del tanque de aspersión (Castillo et al., 2008).

En razón de lo anterior, los biobeds se han implementado como un sistema que realiza la degradación de plaguicidas de forma biológica, pues está compuesto por materiales como suelo, un material lignocelulósico y un componente húmico (Chin et al., 2015). Siguiendo esa propuesta europea,

“el Centro de Investigación en Contaminación Ambiental (CICA), de la Universidad de Costa Rica (UCR), ha realizado investigaciones para la aplicación de una herramienta biotecnológica para la degradación de plaguicidas, los sistemas de biopurificación (SBP). El objetivo de los SBP es recolectar, absorber y degradar aguas residuales con plaguicidas y evitar que estas fuentes de contaminación puntual contaminen aguas superficiales o subterráneas” (MICITT, 2017, p. 27).

El problema de la gran cantidad de plaguicidas que se utilizan se da en la mayoría de los cultivos. En este caso, desde el proyecto “Biorremediación de contaminantes orgánicos en aguas residuales agropecuarias: diseño de estrategias ecoamigables para la eliminación de contaminantes emergentes y aplicación de sistemas de biopurificación de plaguicidas” (CICA, 2017), se implementaron sistemas de biopurificación (biobeds) en el cultivo de café (*Coffea arabica*), en diez fincas, cinco de las cuales se ubicaron en el cantón de Palmares y las otras cinco en el cantón de Naranjo, ambos de la provincia de Alajuela. El objetivo fue el de abarcar otros cultivos y zonas, ya que en años anteriores se realizó la implementación en la zona de Cartago para los cultivos de papa, cebolla y otras hortalizas (Chin et al., 2015).

En dicho proyecto, la instalación de los biobeds se ajustó a un cultivo donde no se había registrado el uso de esa tecnología. Además, se desconocían los costos de implementación y administración del sistema de biopurificación durante todo el período de uso que se tiene en la finca, debido a que deben ajustarse a las necesidades y requerimientos del productor, por lo que pueden ser de distintos tamaños.

1.2 Justificación

Considerando la problemática descrita, el presente trabajo se fundamentó, en primera instancia, en la necesidad de realizar una actividad no solamente teórica, sino también práctica, con el fin de transferir las investigaciones realizadas sobre los sistemas de biopurificación por el CICA, a los productores nacionales, de manera que puedan realizar sus labores de una forma más sustentable, mediante el uso adecuado y sostenible del suelo y del recurso hídrico, buscando entonces una mínima afectación al ambiente (CICA, 2017).

Con este proyecto llamado “Biorremediación de contaminantes orgánicos en aguas residuales agropecuarias: diseño de estrategias ecoamigables para la eliminación de contaminantes emergentes y aplicación de sistemas de biopurificación de plaguicidas”, el CICA procuró generar opciones y alternativas que mejoren la calidad y conservación del ambiente, y a la vez buscó que la producción agropecuaria sea sostenible y sustentable, sin que ésta merme, al compartir los resultados de sus investigaciones mediante la puesta en práctica, transferencia tecnológica y las capacitaciones en prácticas agrícolas alternativas a lo tradicional.

Además, se pretendía realizar un análisis de costos de implementación y administración de esta tecnología para lograr, en el marco del proyecto, que los productores con los cuales se trabajaría, obtuvieran una alternativa para que los plaguicidas que se preparan para aplicar, que sobran de las mezclas y el lavado de los equipos, así como los plaguicidas almacenados que tengan un tiempo de vencidos, puedan desecharse con seguridad y sin contaminación (Chin et al., 2015).

El análisis económico realizado se basó en los costos de construir, implementar y mantener el sistema de biopurificación colocado en finca, según sea el tamaño y requerimientos que necesite el productor; con el fin de brindar información actualizada y real sobre la implementación y sus costos. Este aspecto, así como el análisis social, y los efectos que pueden generar los sistemas de biopurificación tanto en el cultivo de café como para futuros

análisis en otros cultivos, no se habían efectuado para estos sistemas de biopurificación o biobeds por parte del CICA.

Además, se realizó una evaluación de impacto ambiental (EIA), debido a que la actividad cafetalera utiliza agroquímicos para el control de enfermedades y plagas, que pueden afectar ecosistemas y sus recursos, tanto de flora y fauna como el recurso hídrico, por lo que resultaba de suma importancia evaluar la actividad en la zona para justificar la implementación de los sistemas de biopurificación.

En este tema, la economía agrícola desempeñó un rol importante, especialmente en el ámbito del agroambiente, pues se pretendía que los productores generen mayor conciencia, o al menos la noción, sobre la necesidad de proteger el ambiente y la aplicación de herramientas como esta, que ayudan a minimizar la posibilidad de que residuos de plaguicidas lleguen a los cuerpos de agua superficiales y subterráneos.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Realizar un análisis económico, ambiental y social de la implementación y administración de los biobeds para el desecho de residuos de plaguicidas en el cultivo de café, en los cantones de Naranjo y Palmares de Alajuela.

1.3.2 Objetivos específicos

- Caracterizar los biobeds y sus oportunidades de adopción y adaptación en las fincas cafetaleras de la zona de estudio.
- Realizar una evaluación de impacto ambiental a la actividad cafetalera de la zona de estudio.
- Efectuar un análisis económico y social con respecto a la implementación, administración y mantenimiento de los biobeds, en la zona y cultivo seleccionados.
- Implementar los biobeds con la biomezcla optimizada en las fincas cafetaleras seleccionadas, en conjunto con el diseño de una estrategia que permita la adopción y mantenimiento de esta tecnología por parte de los productores.

CAPÍTULO 2. Fundamento teórico

2.1 Marco de antecedentes

Este capítulo estará compuesto de los siguientes apartados a desarrollar: el primero se enfocará en la descripción del cultivo de café desde su concepción agronómica; en el segundo apartado se explicará el concepto, objetivos y utilidad de los biobeds; para luego, en el tercer apartado, tratar las bases de la teoría de costos, la evaluación de impacto ambiental; y finalizar con las bases del análisis social de la implementación y de administración de los sistemas de biopurificación.

El desecho de los plaguicidas se ha vuelto un problema importante debido al manejo inadecuado que se les da, pues puede generar afectación directa a los recursos naturales y a la salud del ser humano (Aldana Martínez, 2020, p. 5).

En décadas pasadas, malas prácticas en la agricultura y ganadería contribuyeron a la destrucción de hábitats, pérdida de biodiversidad, erosión de suelo, sedimentación de ríos y alteración del equilibrio de ecosistemas y paisajes (Bach, 2009). Los impactos causados por un plaguicida en el ambiente se observan en períodos cortos con mortalidad de organismos, o más largos con la disminución de una especie en un ecosistema o por la contaminación de aguas subterráneas. De la Cruz (2004), citado por Bach (2009), indica que el alto uso de plaguicidas con aplicaciones durante vientos y lluvias fuertes contribuye a la deriva y transporte de los productos hacia ecosistemas naturales aledaños. Además, García-Gutiérrez et al., (2016) mencionan lo siguiente:

“los sistemas acuáticos terrestres y marinos son los más amenazados por el aporte de sustancias contaminantes como plaguicidas, fertilizantes, metales pesados, organismos patógenos y otros, a través del incremento de actividades antropogénicas en las áreas adyacentes que alteran las condiciones naturales de los ecosistemas, incluyendo al ser humano. La importancia de los cuerpos de agua,

sitios biológicos activos, radica en la diversidad biológica y los procesos biogeoquímicos que se realizan” (p. 7).

Albert (2005), citado por García-Gutiérrez et al., (2016) añade lo siguiente:

“El manejo de los envases vacíos es un serio problema que deriva de la agricultura y representa alto riesgo ambiental y de salud, debido a que según Albert (2005) se generan 7 mil toneladas anuales de residuos, de las cuales la mayoría quedan dispersos en los campos; la distribución de los plaguicidas no se limita únicamente a los cuerpos de agua y su bioacumulación en la biota presente, sino a productos de consumo humano” (p. 7).

2.1.1 Historia de los SBP

Con respecto a los biobeds, se debe recordar la historia de su creación, donde el primer biobed o sistema de biopurificación de plaguicidas fue creado en 1993 por Lennart Torstensson de la Universidad Sueca de Ciencias Agrarias (SLU, por sus siglas en inglés), y Göran Ohlsson, miembro de la organización de agricultores Odling i Balans, que significa “Cultivando en equilibrio” (Castillo y Pizzul, s.f.).

En los inicios de la implementación de esta tecnología, el primer biobed se realizó a nivel del suelo, con una profundidad de 60 cm y con una mezcla que contenía la siguiente composición: una capa de arcilla de 10 cm de grosor, además de una relación de materiales 50:25:25 en volumen (%) de paja, turba y suelo, respectivamente. Además, se menciona que la capa de arcilla permitía que se diera una baja permeabilidad y alta absorción y así retener los plaguicidas por más tiempo. Los demás materiales podían también realizar su respectiva retención, y la actividad microbiana trabajaba en la degradación.

En el caso de la paja, se utilizó por ser el material lignocelulósico que servía de alimento para la actividad microbiana y que, a su vez, mantenía el funcionamiento de los organismos descomponedores; la turba mantenía la humedad y las condiciones de retención, mientras

que el suelo proveía el componente húmico que promovía la actividad microbiana. El sistema fue propuesto para la actividad agropecuaria que utiliza plaguicidas con el fin de reducir y/o evitar la contaminación del agua y el suelo (Castillo et al., 2008).

Existen tres pasos que, dependiendo del manejo de los plaguicidas, puede generar una mayor o menor contaminación. El primer paso es la colocación de los plaguicidas en la tanqueta y su mezclado; el segundo paso, la aplicación de la mezcla de plaguicidas que, en este caso, si se aplican las dosis de acuerdo con las recomendaciones técnicas del producto o de un ingeniero agrónomo, la contaminación se puede reducir al mínimo; por último, el manejo de los residuos y el lavado de la tanqueta.

La situación es crítica en el primer y tercer paso, pues si no se tiene una buena comprensión del tema de buenas prácticas agrícolas (BPA) en cuanto al manejo, tanto de los plaguicidas antes de mezclar como del residuo de éstos y las aguas del lavado, puede aumentar en un alto grado la posibilidad de que los plaguicidas lleguen a los cuerpos de agua superficiales y subterráneos. Se ha podido demostrar la efectividad que tienen los biobeds para evitar las filtraciones de residuos de plaguicidas hacia cuerpos de agua superficiales y subterráneas, donde adicionalmente se indica que representan una alternativa sumamente económica para el productor (Castillo et al., 2008. p. 6208).

Para el caso de Costa Rica, Chin et al. (2015) investigaron sobre cuál es la mejor biomezcla para un SBP en la zona norte de Cartago (Tierra Blanca, Pacayas, Capellades y alrededores). Los autores determinaron que la mejor biomezcla es la que está compuesta por compost, fibra de coco y suelo de la finca donde se instalará el biobed, porque los microorganismos ya están adaptados a los plaguicidas que se utilizan en el lugar. Cabe resaltar que las proporciones de la biomezcla difieren de las del biobed original sueco, esto porque los investigadores optimizaron la mezcla para encontrar que las proporciones deben ser 45 % de fibra de coco, 42 % de suelo de la finca o parcela, y un 13 % de compost. No obstante, en la investigación se probaron otros materiales como granza de arroz, papel periódico, turba, bagazo de caña y borucha, resultando como la mejor mezcla la descrita anteriormente.

2.2 Marco teórico-conceptual

En este apartado se identifican las bases teóricas sobre las cuales se fundamenta el análisis de este trabajo de investigación, bajo la figura de práctica dirigida.

2.2.1 Descripción del cultivo de café

Especies y cultivares de café

Mora (2008) menciona que el café de Costa Rica es, en su totalidad, del tipo arábico que forma parte del grupo de “otros suaves”, considerado entre los mejores del mundo.

“Las variedades o cultivares de uso comercial en nuestro país son de porte bajo, dada su adaptabilidad a diferentes condiciones de clima y suelo, además, las hace más manejables y con alta capacidad de producción” (Mora, 2008, p. 9).

Requerimientos climáticos del cultivo de café

El cultivo de café necesita una temperatura que oscila entre los 13 grados Celsius y los 27 grados Celsius (Mora, 2008, p. 13).

Fournier et al. (s.f.), citados por Mora (2008), indican que una precipitación anual entre 1600 mm y 1800 mm es ideal para *C. arabica* y que el mínimo absoluto para esta especie se ubica cerca de 1000 mm. Precipitaciones superiores a los 3000 mm deben considerarse como inapropiadas para el cultivo económico del café. Se señala que un promedio de humedad relativa, de 70 a 95 %, es recomendable para *Coffea arabica* (Mora, 2008, p. 11).

Requerimientos edafológicos

El cafeto se cultiva a nivel mundial en suelos de características físicas y químicas muy dispares. La producción de cosechas altas sólo puede tener lugar en suelos fértiles. En su defecto, la fertilidad debe ser mantenida artificialmente mediante la adición de abonos

minerales, orgánicos o ambos, pues contribuyen al logro de un equilibrio nutricional óptimo. El cafeto, por ser una planta rústica, se adapta con facilidad a condiciones topográficas que son desfavorables para otros cultivos (Mora, 2008).

Requerimientos nutricionales

La primera fertilización se realiza cuando las plantas han producido de dos a tres pares de hojas verdaderas aplicando nitrato de amonio (nutran) o urea en banda a una distancia de la planta de 2,5 cm, a razón de 250 Kg/ha. Si el resultado del análisis de suelo muestra problemas de elementos como fósforo, potasio y magnesio, la primera fertilización debe ser suplida con una fórmula completa (20-7-12-3-1-2, 18-5-15-6-2, 10-30-10 o similares); la dosis recomendada es de 300 Kg/ha (Mora, 2008).

La segunda aplicación se realiza dos meses después, con nitrato de amonio o urea, distribuidos al voleo en una dosis de 250 y 225 Kg/ha, respectivamente. Antes de finalizar el período lluvioso se efectúa la tercera fertilización con nutran o urea, en cantidades de 350 y 250 Kg/ha, respectivamente, mediante la técnica del voleo. Finalmente, se utilizan los mismos fertilizantes nitrogenados y la misma dosis que se empleó en la fertilización anterior (también al voleo), con 15 días de anticipación a la poda de la raíz. Además, la semilla se trata con Benomyl (Benlate 50 % PM) o Captan (Orthocide 50 % PM) en cantidad de 2,5 gramos por kilogramo de semilla (Mora, 2008).

Para el control de malezas, si el manguito está sembrado, se aplica el herbicida Oxifluorfen (Goal 2EC) en dosis de 2,8 litros por hectárea. Cuando las plantitas tienen sus hojas verdaderas bien formadas, se emplea una mezcla de los herbicidas oxifluorfen (Goal 2 EC) y alaclor (Lazo 2 EC) en dosis de 715 ml de cada uno por hectárea, utilizando 378 litros de agua (Mora, 2008, p. 14).

2.3 Biobeds o Sistemas de Biopurificación (SBPs)

Los biobeds son sistemas “artificiales” de degradación de plaguicidas los cuales contienen una biomezcla que ayuda a acelerar el proceso natural de biodegradación de los plaguicidas,

mediante la combinación de materiales y condiciones óptimas para el crecimiento de los microorganismos. La degradación de plaguicidas por bacterias por medio de los biobeds es una manera efectiva y de bajo costo para tratar las aguas de los lavados de los equipos de aplicación de plaguicidas (Chin et al., 2015).

Según The Voluntary Initiative (2015), citado por Brenes-Alfaro et al. (2015, p. 18), la biomezcla del biobed es el centro activo del sistema. Consiste en una mezcla de sustratos sólidos que incluyen suelo, un material húmico, como el compost, y un material lignocelulósico (material rico en lignina y celulosa), como fibra de coco o paja, entre otros. Tiene una alta actividad microbiana, y debido a su composición tiene un contenido de materia orgánica mayor que el del suelo. El alto contenido de materia orgánica provoca que los plaguicidas tengan afinidad por adsorberse a la mezcla. Los microorganismos presentes descomponen los residuos de plaguicidas, en tanto que el compost ayuda a estabilizar el contenido de humedad dentro de la mezcla.

Una vez realizada la aplicación, el productor agrícola debe verter los residuos de plaguicidas (que queden en la bomba de aplicación) o las aguas del lavado del equipo en el biobed, para que la biomezcla actúe sobre esos residuos (Brenes-Alfaro et al., 2015, p. 18).

2.4 Evaluación de Impacto Ambiental (EIA)

Según Garmendia et al., (2005), el concepto de ambiente abarca muchos términos porque cada individuo mantiene un concepto distinto, pero son tres las nociones que se deben comprender: medio, ambiente y medio ambiente. La palabra “medio” se puede definir como el elemento en el que vive una persona, animal o cosa; y el “ambiente” como el conjunto de factores bióticos y abióticos que actúan sobre los organismos y comunidades ecológicas, determinando su forma y desarrollo. Según el diccionario de la Real Academia Española de la Lengua, citado por Garmendia et al. (2005), “medio ambiente” es el conjunto de circunstancias físicas que rodean a los seres vivos.

Con respecto al término de “calidad ambiental, indican que esta “se puede asimilar al mantenimiento de una estructura y una función similar a la que se encuentra en ecosistemas

naturales equivalentes. Es decir, que la composición de especies, la diversidad y los ciclos de materia y flujos de energía que se producen, mantengan una estructura equilibrada” (p. 5). Así, se puede decir que en los lugares donde exista un equilibrio entre los factores mencionados anteriormente, existirá calidad ambiental y, por lo tanto, un medio ambiente saludable que podrá ser disfrutado y aprovechado si se mantienen sus condiciones.

“Considerando lo anterior, la Evaluación de Impacto Ambiental es una valoración de los impactos que se producen sobre el ambiente por un determinado proyecto. Esta nunca puede ser objetiva, ya que tiene siempre connotaciones subjetivas debido a que la referencia es la calidad ambiental, un concepto subjetivo” (Garmendia et al., 2005, p. 27). Además, indican que “una de las primeras evaluaciones que va a tener cualquier proyecto o actividad humana, siempre va a ser una valoración económica: una actividad se considera rentable si los beneficios superan los costes de la misma” (p. 27). Esto conlleva a la justificación de realizar un análisis económico y costeo a la actividad cafetalera, para luego poner en marcha la implementación de los sistemas de biopurificación.

El término “evaluación” tiene un significado economicista que hay que tener en cuenta para entender la filosofía con la que se diseñó el procedimiento de evaluación de impacto ambiental. Darles un valor a los elementos ambientales significa incluirlos dentro de los procesos de toma de decisiones, de los que de otra forma se verán excluidos. Lo anterior es importante mencionarlo debido a que se evaluó la actividad cafetalera porque se están utilizando recursos ambientales para ella y, por tanto, deben ser contabilizados para aplicar la evaluación de impacto ambiental. Para la aplicación de la EIA se utilizó el Método Delphi, el cual se explica en la siguiente sección. (Garmendia et al., 2005, p. 27).

Existen otras alternativas para realizar una evaluación de impacto ambiental como lo son una Matriz de Leopold que se establece como una matriz interactiva donde Cotán-Pinto (2007) menciona que fue el primer método que se estableció para las evaluaciones de impacto ambiental. Adiciona que es un sistema de información y se preparó para el Servicio Geológico del Ministerio del Interior de los Estados Unidos, como elemento guía de los informes y de las evaluaciones de impacto ambiental.

Indica además que “una matriz en que las entradas según columnas son acciones del hombre que pueden alterar el medio ambiente y las entradas según filas son características del medio (factores ambientales) que pueden ser alteradas. Con estas entradas en filas y columnas se pueden definir las interacciones existentes”. Como Cotán-Pinto (2007) menciona, la matriz de Leopold podría resultar en una buena alternativa de evaluación de impacto ambiental ya que se pueden evaluar los medios y los factores que se utilizan en esta investigación que de igual manera los evalúa un equipo interdisciplinario con conocimientos sobre el tema. Lo que la matriz no contempla discusión o debate dentro de su estructura para la definición de la evaluación. Con base en lo anterior, se tomó en consideración el método Delphi que se explica a continuación.

2.4.1 Método Delphi

El método Delphi tiene el origen de la griega Delphoi o Delphi con la que se designaba a su celebre

oráculo (de Delfos) y al celebre santuario de Apolo Delphinios (adorado bajo la forma de un delfín) situado en las laderas del monte Parnaso de la antigua Grecia. El nombre se utiliza para designar a un método de consulta de expertos. Existen técnicas de consultas a expertos más o menos estructuradas que se han utilizado en numerosos procesos de tomas de decisiones, como para asignar pesos a factores y elementos ambientales, para desarrollar indicadores de calidad ambiental y en otras tomas de decisiones. Un método general que es conveniente utilizar cuando la información científica de la que se dispone no es suficiente, porque se pretenda implantar una nueva tecnología para la que no existan datos históricos, o bien porque con los datos objetivos con los que se cuenta no se tenga un conocimiento suficiente. La consulta a expertos tiene la ventaja de la tranquilidad que produce tener una información más contrastada que si únicamente se consultara a una persona, y siempre es más difícil que un grupo pueda olvidar algo que pudiera ser importante. Los inconvenientes que tiene pueden ser disminuidos aplicando el método convenientemente. (Garmendia et al., 2005, p. 193).

2.4.1.1 Técnica de jerarquización

Se pide a los expertos que ordenen los medios y factores por orden de importancia, asignando un 1 al factor más importante, un 2 al siguiente y así sucesivamente hasta asignar al menos importante o viceversa según como se desee evaluar.

2.4.1.2 Valor actual de costos (VAC)

Morín (2009), citado por Quirós et al. (2014), indica que los beneficios deberán ser superiores a los costos, por tanto, la mayor rentabilidad de los proyectos comparados estará dada en aquel proyecto que atienda los objetivos planteados con el menor de los costos. Menciona, además, que se deben considerar los costos de cada año de estudio hasta la vida útil declarada para cada tecnología (“n”) a evaluar.

El VAC presenta dos escenarios al generar un análisis comparativo de tecnologías que se quieren implementar, en este caso los SBP. Lo que hace es seleccionar la mejor alternativa basada en sus costos de instalación y determinar en base al de menor costo cual puede tener una mayor adaptación, adopción, uso y mantenimiento. Todo esto se determina tomando una serie de datos como la inversión inicial, los costos incurridos durante el periodo de vida útil que tienen las tecnologías a comparar y una tasa social de descuento. (Quirós et al. (2014). La tasa social de descuento es:

El costo de oportunidad en que incurre la sociedad cuando el sector público extrae recursos de la economía para financiar los proyectos, es decir, el costo de oportunidad de utilizar esos recursos en otra inversión que pudiera generar un rendimiento más alto que la inversión propuesta en el proyecto. Se utiliza para convertir en valores actuales los beneficios y los costos sociales futuros de un proyecto de inversión pública. Mide el costo efectivo para la sociedad de utilizar capital en una inversión (MIDEPLAN, 2011, p.16)

2.5 Marco geográfico

El lugar de realización del proyecto se estableció en diez fincas cafetaleras, ubicadas en Naranjo (cinco fincas) y Palmares (cinco fincas), ambos de la provincia de Alajuela, que fueron determinadas en el marco del proyecto del CICA antes mencionado. La escogencia de estas zonas fue establecida por el CICA (2017) considerando que:

Se debe trabajar en la implementación de la tecnología en diferentes regiones del país. Además, se debe seguir con campañas de capacitación, concientización y educación en BPA. También, es necesario evaluar la efectividad de los SBP en el campo, en condiciones reales y bajo la aplicación de ciclos de plaguicidas de distintos cultivos (p. 34).

Además, el CICA (2017) menciona que el objetivo principal de la propuesta es:

Abordar el diseño de estrategias de biorremediación para el tratamiento de diferentes contaminantes orgánicos presentes en aguas residuales de orígenes diversos, para dar soluciones de potencial aplicación a dos grandes grupos de contaminantes orgánicos presentes en efluentes de diferente origen: contaminantes emergentes y plaguicidas. De esta forma, se pretende establecer tecnologías eco amigables para el tratamiento de aguas residuales con alta carga de contaminantes emergentes y sistemas de biopurificación para el tratamiento de fuentes de contaminación puntual por plaguicidas y productos veterinarios en la industria agropecuaria del país (p. 34).

Siguiendo dicho planteamiento, en años anteriores, el CICA instaló seis SBP en la zona norte de Cartago, con el mismo objetivo de implementar estos sistemas como métodos de reducción de la contaminación ocasionada por plaguicidas; no obstante, resultaba importante para dicho centro de investigación dar a conocer los biobeds en otros sectores agrícolas del país. Tomando en cuenta dicha consideración, el CICA escogió poner en marcha la implementación de biobeds en el cultivo de café (*Coffea arábica*), por ser este un cultivo de mucha importancia para el país.

Según el Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC), citado por el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) (2016), al momento de realizar el censo cafetalero en el año

2014 se encontró que “la superficie sembrada de cultivos permanentes es de 557.888,6 hectáreas, de las cuales 353.732,6 corresponden a los principales cultivos, en los que destacan el café con el 23,8 %; seguido por la palma aceitera 18,8 %, la caña de azúcar 18,4 %, el banano 14,6 % y la piña con 10,6 %” (p. 5). Por tanto, resulta importante la implementación de sistemas de biopurificación en diferentes cultivos, como alternativa para minimizar la contaminación por residuos de plaguicidas.

El CICA (2017) menciona lo siguiente:

Se pretende llevar a la implementación en campo las estrategias de biorremediación diseñadas: el sistema de mejor desempeño para el tratamiento de contaminantes emergentes en una finca ganadera de Turrialba (Cartago), y sistemas de biopurificación de plaguicidas en fincas de la zona cafetalera de Palmares y Naranjo (Alajuela). Esto de la mano con un proceso de sensibilización y capacitación a grupos de productores pecuarios y agrícolas. (p. 34).

Para hacer referencia a los lugares de implementación de los SBP, se consideran las imágenes satelitales de los cantones de Palmares y Naranjo. Se puede apreciar en la Figura 1, Figura 2, Figura 3 y Figura 4.

Figura 1. Imagen satelital del distrito central del cantón de Palmares de Alajuela.
Fuente: Google Maps, 2018.

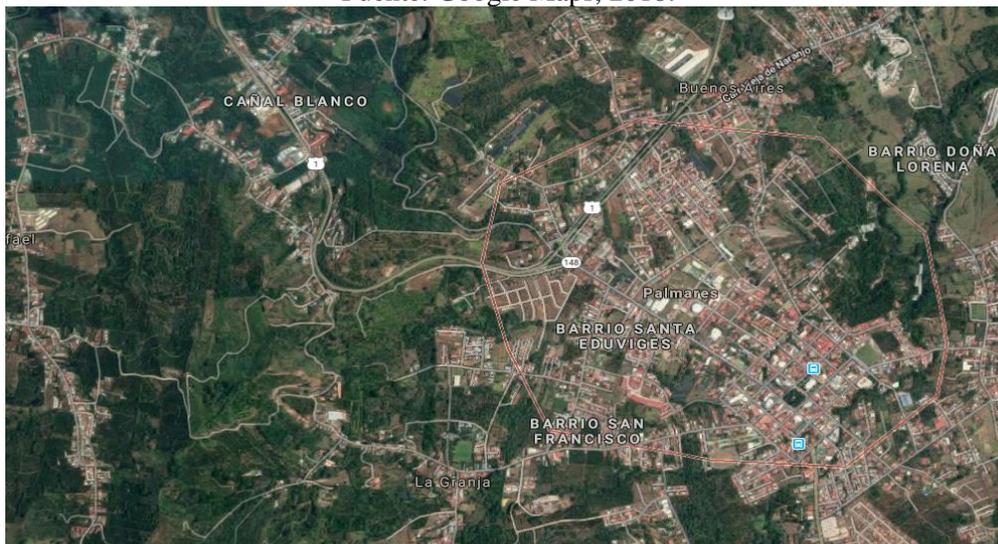


Figura 2. Imagen satelital de la cobertura cafetalera alrededor del distrito central de Palmares de Alajuela.

Fuente: ICAFÉ, 2018.

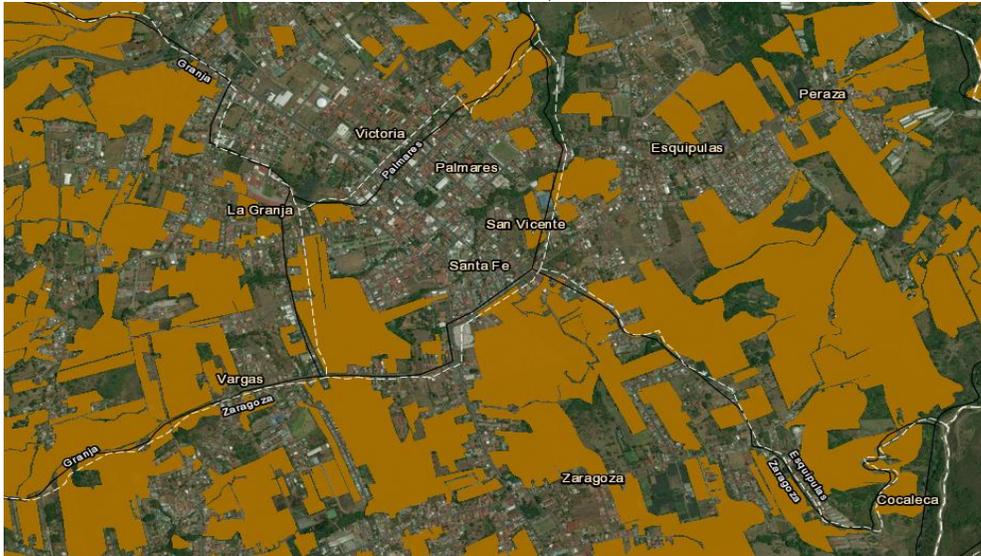


Figura 3. Imagen satelital del distrito central del cantón de Naranjo de Alajuela.

Fuente: Google Maps, 2018.

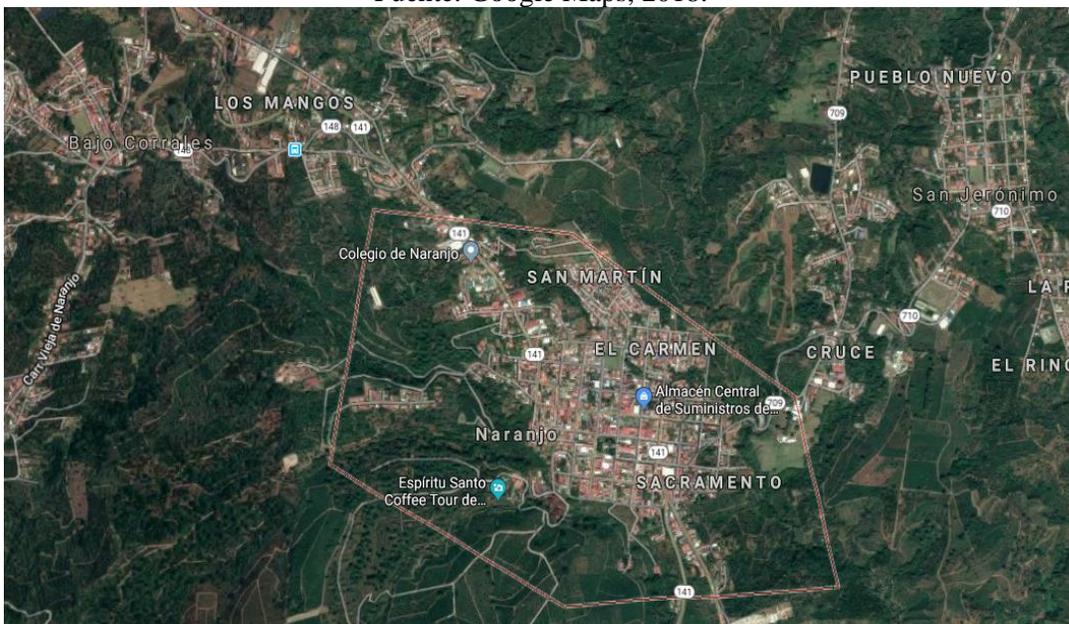


Figura 4. Imagen satelital de la cobertura cafetalera alrededor del distrito central de Naranjo de Alajuela.



Fuente: ICAFE, 2018.

CAPÍTULO 3. Metodología

3.1 Tipo de investigación

La investigación realizada fue de tipo mixta debido a que, para desarrollar el objetivo planteado, resultó necesario utilizar técnicas y herramientas estadísticas, como encuestas, para determinar cantidades y costos de materiales y de implementación de la tecnología. Además, se utilizaron metodologías para el análisis de costos, las cuales contienen un componente cuantitativo. Por otro lado, para la parte cualitativa se utilizaron variables que explican y describen el entorno social de la actividad cafetalera, de manera que con este tipo de investigación se llegue a cumplir el objetivo general. Para la realización de la investigación cualitativa se utilizó la metodología de la entrevista individual estructurada y el uso del cuestionario, donde Quintana (2006) menciona que la más convencional de las alternativas de entrevista. Según el autor el cuestionario cumple varias funciones: a) asegurar que el investigador cubra todo el tema, en el mismo orden, para cada entrevistado, preservando de manera consistente el contexto conversacional de cada entrevista. b) cuidar el itinerario requerido para mantener la distancia profesional con el entrevistado. c) establecer los canales para la dirección y delimitación del discurso, d) permitir al investigador prestar toda su atención al testimonio de su entrevistado. Aun así, con cada una de las respuestas a las preguntas del cuestionario, el investigador cualitativo puede explorar de manera inestructurada (esto es, no preparada de antemano, pero sí sistemática) aspectos derivados de las respuestas proporcionadas por el entrevistado. (Quintana Peña, 2006, p. 70).

Se efectuó una evaluación de impacto ambiental, que posee características tanto cuantitativas como cualitativas, lo cual se complementó con el apartado social, ya que se deseaba conocer la percepción de los productores con respecto a los sistemas de biopurificación, el cuál es el uso de los agroquímicos y cómo realizan el manejo post aplicación y el lavado (Lerma, 2009).

3.2 Recolección de datos

La recolección de datos se efectuó por medio de una encuesta con el fin de contar con información base acerca de las prácticas y el contexto general de los productores de café de la zona de estudio.

Las secciones de la encuesta fueron las siguientes:

- a) Información general del productor.
- b) Conocimientos del agricultor sobre aspectos técnicos del cultivo.
- c) Medidas de seguridad laboral agrícola.
- d) Manejo del suelo.
- e) Manejo de aguas.

Además, se investigó en la zona acerca de los lugares donde los productores podrían adquirir los materiales necesarios para la construcción de los sistemas de biopurificación, escogiendo las opciones de mejor precio y calidad de materiales, con el fin de obtener los datos necesarios para ser aplicados en la metodología de análisis de costos.

3.3 Metodología para el análisis económico

La metodología para el análisis de costos se basó en el “Manual técnico para la implementación de energía renovable en la agroindustria del Centro de Investigación en Electroquímica y Energía Química” (Quirós et al., 2014), del cual se utilizó la variable “valor actual de los costos (VAC)”.

En el caso del valor actual de los costos del proyecto, se calculó de la siguiente forma:

Utilizando el flujo de costos, lo que facilita comparar la oportunidad que ofrece el mercado de realizar la inversión que se requiere por el proyecto, en relación con otros proyectos. En este sentido, nos permite establecer un orden de prioridad de

inversiones, con el propósito de reflejar rentabilidad social del proyecto. Consiste en calcular el valor actual de los costos totales del proyecto utilizando la tasa social de descuento (Quirós et al., 2014, pp. 119-120).

Además, la siguiente fórmula se utilizó para determinar el valor actual de los costos:

$$VAC = \sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+r)^d} + I_0 \quad (ec.1)$$

Ecuación 1. Valor actual de los costos.

Donde:

C_t = costo total del proyecto

t = años correspondientes a la vida del proyecto, que varía entre 0 y n

0 = año inicial del proyecto, en el cual comienza la fase de inversión

d = tasa social de descuento

I = Inversión inicial

Fuente: Quirós et al., 2014, pp. 119-120

En conjunto con el VAC, se realizó una estructura de costos basado en la información recolectada de cada uno de los productores, con el fin de realizar una relación entre la producción y el desarrollo de tecnologías como los biobeds dentro del cultivo. Además, se debió determinar la vida útil del biobed en costos de implementación, materiales y mantenimiento, ya que el cultivo de café tiene una vida útil de producción de alrededor de 20-25 años dependiendo de las condiciones que se le brinden (Arcila, s.f.).

3.4 Metodología de Evaluación de Impacto Ambiental

Como parte de la metodología para realizar la EIA se utilizó el Método Delphi, el cual consiste en utilizar la consulta a expertos de manera que brinden una calificación a los distintos elementos seleccionados para realizar la evaluación de impacto ambiental (Garmendia et al, 2005, p. 193).

Garmendia et al. (2005, p. 198) mencionan que para la realización de un Método Delphi se utiliza la siguiente terminología:

- *Panel de expertos*: es el conjunto de expertos que forman el grupo.
- *Moderador*: es la persona responsable del equipo técnico que recoge las respuestas y preparar los cuestionarios.
- *Cuestionario*: es el documento que se envía a los expertos. Está formado por las cuestiones y los resultados de las anteriores circulaciones.
- *Circulación*: es la forma en que se van presentando los sucesivos cuestionarios.

Las fases del Método Delphi son las siguientes (Garmendia et al., 2005, p. 199):

a) Fase previa:

Se definieron los *objetivos*, delimitando la forma en que se pretende realizar el estudio. Se seleccionó el panel de expertos y se consigue el compromiso de cada uno de brindar su colaboración. Los criterios para dicha selección son: grado académico de licenciatura o superior, la experiencia sobre el cultivo de café, conocimientos sobre los SBPs y sobre el medio ambiente, para que los intereses y conocimientos sean diversos, logrando una participación diversa y enriquecedora.

En esta fase se explicó a los expertos lo que se espera de ellos, informándoles de la metodología que se iba a utilizar, y se confeccionó el primer cuestionario. Todos los cuestionarios fueron creados en Google Forms y enviando un acceso directo a la página del formulario por medio de la plataforma de mensajería de texto WhatsApp, con lo que se facilita para la persona experta el responder los cuestionarios y al moderador o encuestador la obtención de las respuestas y datos de cada cuestionario aplicado y de manera casi inmediata.

b) Circulación primera:

Se elaboró el primer cuestionario, relacionado con los medios ambientales entorno al cultivo de café. Para lo cual se proporcionó el primer cuestionario a los expertos para que valoraran su importancia y así determinar cuál medio es el más importante para posteriormente asignar puntuaciones y continuar con la evaluación de los factores o indicadores que contiene cada medio.

Posterior a lo dicho, se recopilaron los cuestionarios y se elaboraron los resultados, creando un orden desde el más importante al menos importante y con esta información se confeccionó el segundo cuestionario.

c) Circulación segunda:

Nuevamente, los expertos recibieron una lista, completada con el primer cuestionario, y se les volvió a solicitar su valoración (importancia de los factores, los impactos o de los indicadores de cada medio). Con las respuestas obtenidas, se realizó un estudio estadístico con la información.

El tercer cuestionario recoge la lista confeccionada con la síntesis de los resultados y la valoración estadística.

d) Circulación tercera:

Se envía a los expertos un tercer cuestionario y las valoraciones estadísticas del segundo para conocer si llegan a un acuerdo, para lo cual se les solicitó las opiniones argumentando porque creen que su opinión es la correcta y el resto de expertos está equivocado. Todo esto se realiza con el anonimato entre experto, que permite la argumentación con total libertad.

Solo si hubiera opiniones muy distantes se continuaría el proceso para detectar un posible error. Una vez finalizado, se presentaron los resultados con los valores obtenidos y los comentarios aportados por cada uno de los expertos participantes.

Considerando lo anterior, se seleccionó a un panel de varios expertos, acorde con la temática y objetivos de esta práctica, con el fin de realizar la evaluación de impacto ambiental. Entre las disciplinas que se consideraron para dicho panel están las siguientes: sociología, química,

microbiología, salud ambiental, economía agrícola y agronomía con conocimientos en el cultivo de café y el medio en el que se desenvuelve.

Los grados académicos de los expertos seleccionados van desde el grado de licenciatura hasta el grado de doctorado, y se tuvo en cuenta las experiencias de cada uno de ellos con el cultivo de café y el medio ambiente y los biobeds o sistemas de biopurificación. Cada uno de los participantes recibió un código de experto, con el fin de identificarlos. El panel de expertos estuvo compuesto por doce personas. Se explicó, además, que la finalidad del proyecto y de la evaluación era relacionar por qué el impacto de los plaguicidas en el medio ambiente puede ser solucionado en parte por la implementación de los sistemas de biopurificación, por lo cual se les explicó el funcionamiento y la composición que poseen esos sistemas.

En cuanto a los cuestionarios, se desarrollaron bajo una escala de importancia, donde el primer cuestionario tenía una escala de 1 a 4, siendo 1 el menos importante y 4 el más importante y no se podía repetir valores por la metodología de cálculo, esto último repitiéndose para los demás cuestionarios. El instrumento buscaba obtener y evaluar los distintos medios que rodean al cultivo de café obtenidos por medio de expertos del CICA (microbiólogos, biólogos, sociólogos y agrónomos) involucrados en el proyecto de implementación de los SBP, para agrupar todas las consultas y en concordancia con lo que indica Garmendia et al. (2005) se definen los medios los cuales fueron: **medio biofísico, medio socioeconómico, medio rural y medio belleza-escénica**. No obstante, en la circulación del primer cuestionario se realizó la consulta sobre si debía agregarse otro medio, así como evaluar la importancia de cada uno de los mismos. Con esto se cumplió con la Fase previa del método y con lo cual se logró construir el primer cuestionario (ver Anexo 2).

Los cuestionarios mencionados anteriormente se formularon a partir de la técnica de jerarquización que describen Garmendia et al. (2005), la cual busca que los expertos ordenen los factores por orden de importancia, asignando un 1 al factor más importante, un 2 al factor importante y así sucesivamente hasta el menos importante o viceversa. Luego, se asigna la puntuación con el fin de determinar qué medios y factores fueron los más importantes, según

los expertos, para generar un informe de la evaluación de impacto ambiental para la tecnología que se quiere implementar.

3.5 Metodología de análisis social

En torno a la actividad cafetalera y la implementación de los biobeds, se utilizó la técnica de la encuesta, cuyas variables permitieron tener mayor conocimiento sobre el contexto socioeconómico de los productores agrícolas y las fincas cafetaleras en las que se implementarían los biobeds. Además, se determinó la estrategia más conveniente para que los productores mantuvieran el uso de los SBP a través del tiempo.

Las variables son las siguientes:

1. Edad del productor, productora o responsable
2. Nivel de escolaridad
3. Área total de la finca
4. Porcentaje de la finca sembrada de café
5. Existencia de trabajo familiar: cantidad de integrantes que trabajan y sus edades
6. Existencia de trabajo familiar durante los períodos en los que no hay cosecha
7. Costo de la mano de obra
8. Cantidad de aplicaciones de plaguicidas que se realizan en el año.
9. Plaguicidas que utilizan
10. Dosis de aplicación de los plaguicidas utilizados
11. Costos de los plaguicidas utilizados
12. Cantidad de café cosechado en peso
13. Precio promedio del café vendido
14. Peso relativo de cosecha en kg por kg de plaguicidas utilizados

3.6 Operacionalización de variables

El siguiente cuadro de operacionalización de variables (**cuadro 1**) tiene la finalidad de determinar los instrumentos que permitieron obtener la información necesaria para el

cumplimiento de cada uno de los objetivos, tanto general como específicos. A continuación, se muestra el cuadro con las variables identificadas:

Tabla 1. Operacionalización de variables

Objetivo específico	Nombre de la variable	Indicador	Fuente
Caracterizar los biobeds y sus oportunidades de adopción y adaptación a las fincas cafetaleras de la zona de estudio.	Oportunidad de adopción y adaptación de los biobeds	Porcentaje	Visitas de campo. Cantidad de productores dispuestos a implementar el biobed
Realizar una evaluación de impacto ambiental a la actividad cafetalera de la zona descrita	Ponderación de factores	Porcentaje	Método Delphi/ Técnica de jerarquización/ Panel de expertos
Realizar un análisis económico y social con respecto a la implementación, administración y mantenimiento de los biobeds, en la zona y cultivo seleccionados.	Valor actual de costo (VAC)	Colones	Consulta de expertos.
	Estructuras de costos	Colones	Encuestas a las personas involucradas tanto directamente como indirectamente en la actividad cafetalera.
	Costos de implementación de biobeds	Colones	
	Edad del productor, productora o responsable	Edad	
	Nivel de escolaridad	Grado académico	Aplicación de técnicas de costeo de actividades agrícolas y de implementación de los sistemas de biopurificación.
	Área total de la finca	Metros cuadrados	
	Porcentaje de la finca sembrada de café	Porcentaje	
	Trabajo familiar durante los períodos en los que no hay cosecha	Cantidad de familiares y sus edades	
	Costo de la mano de obra familiar y contratada	Colones	
	Cantidad de aplicaciones de plaguicidas anuales	Cantidad de aplicaciones	
	Plaguicidas que utiliza	Ingrediente activo	
	Dosis de los plaguicidas utilizados	Dosis	
	Costos de los plaguicidas utilizados	Colones	
	Cantidad de café cosechado	Kilogramos	
	Precio del café vendido	Precio en colones	
Peso relativo en la cosecha por el uso de plaguicidas	Cantidad de kg de café / kg de plaguicidas utilizados		
Implementar los biobeds con la biomezcla optimizada en las fincas cafetaleras seleccionadas, en conjunto con el diseño de una estrategia que garantice la adopción y mantenimiento de esta tecnología, fomentando la adopción y el mantenimiento	Cantidad de biobeds implementados en las fincas cafetaleras	Porcentaje: Cantidad total colocada/ Cantidad total propuesta por el proyecto	Visitas de campo para la implementación y capacitación sobre uso correcto del biobed
	Cantidad de biobeds que han recibido mantenimiento	Porcentaje: Cantidad de biobeds que han recibido mantenimiento/ Cantidad de biobeds colocados	Visitas de campo para constatar si los productores mantienen el cuidado y cumplen con la función del biobed

Para el análisis económico y social se recabaron una serie de datos, como se describió en la Tabla 1, con el fin de evaluar el entorno en el que se implementaron los SBP, así como tener un panorama de características que poseen los productores de cada zona de implementación, en este caso de Naranjo y Palmares.

Se utilizó un instrumento, en este caso un formulario con las variables e indicadores necesarios para reunir la información necesaria. El documento tiene por nombre “Encuesta para productores de café 2019” (ver

Anexo 1). Dentro del documento, se solicitaron diferentes datos como información general, conocimientos técnicos del cultivo, medidas de seguridad laboral agrícola, manejo del suelo y manejo de aguas.

Para la selección de la muestra se realizó un muestro aleatorio simple, con un porcentaje de confianza del 90 % y un margen de error del 10 %, probabilidad del 50 %, y considerando como la población a los asociados de CoopProNaranjo (2338) y a los de CoopePalmares (911). Para realizar el cálculo se utilizó la siguiente fórmula:

$$n \geq \frac{Np(1-p)Z_{1-\alpha}^2}{(N-1)\varepsilon^2 + p(1-p)Z_{1-\alpha}^2}$$

Ecuación 2. Fórmula para establecer el tamaño de la muestra de productores a encuestar

Fuente: Gutiérrez González y Vladimirovna Panteleeva, 2016.

Donde:

N = tamaño de población conocido

n = tamaño de muestra

p = porcentaje de confiabilidad, o variabilidad positiva.

q = variabilidad negativa, calculado por $1 - p$

$Z_{1-\alpha}$ = número de distribución normal, dado por el porcentaje de confianza $1-\alpha$.

Utilizando los valores mencionados en la fórmula, se obtuvo una muestra de 65 asociados para Naranjo y para Palmares una muestra de 63 asociados. Eso valores son resultado de utilizar un margen de error del 10%. Con esto se coordinó con las dos cooperativas las visitas

para realizar las encuestas, de manera que los encargados indicaran la mejor ubicación para realizar las encuestas.

En CoopePalmares se realizó una reunión con asociados y asociadas dentro de las instalaciones del beneficio, por lo que resultó ser un buen día para realizar las encuestas. Por tal razón, siete personas del personal y asistentes del CICA apoyaron la aplicación de encuestas, por lo cual se pudo abarcar más áreas, como el almacén de suministros de la cooperativa. La aplicación del instrumento se realizó un día por cada cooperativa. Dicho lo anterior, se produjeron algunos inconvenientes que limitaron la aplicación de encuestas, ya que el día que se aplicó la encuesta en CoopePalmares, la cooperativa adelantó la reunión, lo que hizo que no se lograra aprovechar la cantidad de productores que llegaron en ese momento. No se realizaron llamadas telefónicas porque no se consiguió la lista de productores de la cooperativa.

Para la aplicación de encuestas en Naranjo, se plantearon dos estrategias: aplicar encuestas en el almacén de suministros y realizar visitas a productores en sus fincas y domicilios. La visita de productores se realizó el mismo día con tres encuestadores del CICA, con la guía del ingeniero agrónomo de la cooperativa. De igual forma, como en el caso de Palmares, no se cumplió con la muestra que se indicó, porque se realizaron las encuestas en un solo día, no se contó con la lista de números de asociados y asociadas, pero sí se lograron pactar algunas llamadas telefónicas para completar o iniciar algunas encuestas.

Se establecieron reuniones y se planificaron otros días para la aplicación de encuestas semanas luego de la primera aplicación, sin embargo, se retrasó y al momento de intentar pactar un día para la realización de una segunda gira, comenzó la pandemia en el año 2020, lo cual hizo que todo el año la universidad cerrara todas las instalaciones y que las personas debieran resguardarse en sus casas y esperar. Todo esto retrasó y limitó las gestiones para realizar más visitas, así como otras actividades que debían ponerse en marcha como capacitaciones y charlas sobre los SBP con el fin de dar a conocerlos más. A pesar de la situación descrita, se logró obtener 24 encuestas completas en Palmares y 14 respuestas completas en Naranjo.

CAPÍTULO 4. Caracterización de los sistemas de biopurificación y sus oportunidades de adopción y adaptación en las fincas cafetaleras de la zona de estudio

Como objetivo general del presente trabajo se tiene: “Realizar un análisis económico, ambiental y social de la implementación y administración de los biobeds o SBPs para el desecho de residuos de plaguicidas en el cultivo de café, en los cantones de Naranjo y Palmares de Alajuela”, donde se genera la importancia básica de la puesta en marcha de los sistemas de biopurificación y las oportunidades de adopción y adaptación, además del análisis que conlleva lo anterior tanto a nivel de investigación como económico, social y ambiental en el que se van a desarrollar. Es por esto que los SBP reciben una importancia en este contexto en el que se incluye, ya que en el país sería en el segundo cultivo en el que se implementan con miras a ampliar hacia otros cultivos. Anteriormente se escogieron cultivos como hortalizas en la zona alta de Cartago con el fin de buscar biomezclas que ayuden a degradar los plaguicidas que se encuentran en la zona, en otras palabras, tropicalizar las biomezclas que se han probado en Europa con materiales disponibles en Costa Rica. La razón fue saber cuál fue la mejor y para esto se realizó en Tierra Blanca de Cartago, probando la degradación de Carbofuran en los cultivos de cebolla y remolacha donde se comprobó la presencia del mismo en el terreno. (Chin-Pampillo et al., 2015, p. 9840). En base a lo anterior, resulta de interés de investigación para conocer su comportamiento de los SBP en otros cultivos como el café.

Entorno a los SBP se generan oportunidades de adopción y adaptación debido a su tamaño, en el caso de un SBP de 200 L, ya que al poseer un tamaño compacto y de fácil instalación sería cómodo para los productores mantenerlo y utilizarlo, aumentando así las posibilidades de desarrollar proyectos y líneas de investigación más amplias y con diferentes configuraciones de biomezclas que puedan servir para los distintos cultivos.

Los SBPs ayudan a mitigar la contaminación puntual que hace referencia a efluentes de agua residual fácilmente identificables (esto es, una descarga al final de una tubería o canal) (Bravo et al., 2013). Por el contrario, la contaminación difusa, según mencionan Bravo et al. (2013),

proviene del agua que escurre sobre el suelo, producto de la lluvia. El sistema fue propuesto para la actividad agropecuaria que utiliza plaguicidas con el fin de reducir y/o evitar la contaminación del agua y el suelo (Castillo et al., 2008. p. 6208).

Los plaguicidas se desplazan por la superficie terrestre o penetran en el suelo, arrastrados por el agua y el viento (Criswell, 1998, citado por Orta, 2002). Estos contaminantes se abren paso hasta las aguas subterráneas, tierras húmedas, ríos, lagos y finalmente hasta los océanos en forma de sedimentos y cargas químicas transportadas por los ríos (Orta, 2002).

Los SBPs son sistemas sencillos desde un punto de vista técnico, sin embargo, desarrollan una gran tarea en beneficio del medio ambiente para la eliminación de la contaminación puntual, porque reduce los efectos negativos de los residuos de plaguicidas que iban a ser depositados en el suelo después del lavado de equipo de aspersión. Los productores agrícolas pueden obtener beneficios como certificaciones para sus cultivos y productos, para colocar su producto a mejores precios y en otras partes del mundo.

En relación con lo anterior, se describen las oportunidades de adaptación y adopción de la implementación de los biobeds. Con el acercamiento obtenido se establecieron relaciones con las cooperativas de manera que puedan seguir apoyando el monitoreo y el correcto funcionamiento de los biobeds que se implementaron en las zonas de interés.

Las cooperativas mostraron un alto interés en la implementación, seguimiento y acompañamiento que los productores necesitan en el uso de los sistemas de biopurificación; así como para las tomas de muestras que el proyecto necesita, en los distintos periodos en los que se programen (MICITT, 2017). El seguimiento se dará en conjunto entre las cooperativas y el CICA, de manera que pueda determinarse que los sistemas se mantengan en funcionamiento y que la información que se vaya a obtener sea fiable para su análisis.

Además, las cooperativas identificaron productores interesados en la implementación, dispuestos a probar esta nueva opción de manejo de aguas residuales con plaguicidas. Esto representaba posibilidades de mejora en sus fincas, y para la obtención de certificaciones ambientales, de forma grupal o individual. A futuro, podrá ser una ventaja para los demás

productores, que pueden llegar a conocer estos sistemas y colocarlos en sus fincas en aras de obtener pluses que ayuden a la comercialización de sus productos, en este caso, el café. Al ser sistemas económicos y de fácil construcción, existe la ventaja de que los productores modelo cuenten su experiencia y otros productores coloquen sistemas de biopurificación en sus fincas, de manera que cada vez más se pueda extender su uso y así mejorar también las prácticas agrícolas.

CAPÍTULO 5. Resultados de la evaluación de impacto ambiental a la actividad cafetalera de la zona de estudio por medio del Método Delphi

En el presente capítulo se presenta la evaluación de impacto ambiental realizada, por medio de criterio de expertos donde se obtuvo de cada uno de ellos el conocimiento acerca del medio ambiente y a la vez el conocimiento sobre el cultivo de café, tomando en cuenta lo que necesita el proyecto.

5.1 Resultados del primer cuestionario

La metodología de calificación de medios se realizó por puntos. Cada persona experta otorgó un puntaje según la importancia identificada para cada criterio. Los puntos otorgados se muestran en el siguiente cuadro:

Cuadro 1. Resultados de la calificación de medios

Expertos	Medios				Suma de Criterios
	Medio biofísico	Medio belleza-escénica	Medio rural	Medio socio-económico	
Experto 1	3	1	2	4	10
Experto 2	2	1	3	4	10
Experto 3	4	1	2	3	10
Experto 4	4	1	3	2	10
Experto 5	4	1	2	3	10
Experto 6	3	1	2	4	10
Experto 7	4	1	2	3	10
Experto 8	4	1	2	3	10
Experto 9	4	1	2	3	10
Experto 10	4	1	2	3	10
Experto 11	3	1	2	4	10
Experto 12	4	1	2	3	10
Suma	43	12	26	39	120
Peso	0,358	0,100	0,217	0,325	1
%	0,358	0,100	0,217	0,325	100 %
Puntos a repartir	358	100	217	325	1000

Como se observa en el Cuadro 1, el medio biofísico fue calificado como el más importante. Esto quiere decir que se le otorgaron 358 puntos a repartir entre los factores que tiene el medio y así sucesivamente; al medio socio-económico se le otorgan 325 puntos; al medio rural, 217 puntos; y, finalmente, al medio belleza escénica, 100 puntos. Los puntos fueron otorgados en una escala de 1000 puntos.

Con los resultados obtenidos, se extrae que el medio al cual impactarían mayoritariamente los plaguicidas sería al medio biofísico. A partir de este punto se puede observar la importancia de la implementación de los biobeds, ya que la razón de éstos es buscar una alternativa ecológica, funcional y de fácil aprovechamiento que pueda mitigar el impacto de los residuos de los plaguicidas.

5.2 Resultados del segundo cuestionario

Una vez que se realizó la primera circulación del cuestionario y se procesaron los datos, se continuó con la elaboración del segundo cuestionario (ver Anexo 3), en el cual se contemplan cinco factores por cada uno de los medios descritos. La puntuación se realizó de la misma forma, pero en este caso se aumentó un punto más, es decir, la escala va de 1 a 5, donde 1 es el menos importante y 5 el más importante. Lo anterior se explica por la cantidad de factores que tiene cada medio y la suma de criterios y su posterior ponderación.

La ponderación se realizó sumando los criterios tanto vertical como horizontal. Con esto, las sumatorias por cada experto siempre deben sumar 15 puntos, mientras que la sumatoria por cada factor va a generar un número diferente. El total de la sumatoria de expertos y la sumatoria por factor siempre será la misma, como sucedió en el Cuadro 1.

A continuación, se muestra el cuadro de evaluaciones de los factores del medio biofísico:

Cuadro 2. Resultado de la evaluación de factores del medio biofísico.

Expertos	Factores					Suma de criterios
	Contaminación de agua subterránea	Contaminación de agua superficial	Contaminación del suelo	Pérdida de flora y fauna	Calidad del aire	
Experto 1	2	1	3	4	5	15
Experto 2	3	5	4	1	2	15
Experto 3	1	4	5	2	3	15
Experto 4	3	5	4	2	1	15
Experto 5	2	3	5	4	1	15
Experto 6	4	3	5	2	1	15
Experto 7	5	4	3	2	1	15
Experto 8	5	3	4	1	2	15
Experto 9	4	5	3	2	1	15
Experto 10	4	5	2	1	3	15
Experto 11	4	3	2	5	1	15
Experto 12	4	3	5	2	1	15
Suma	41	44	45	28	22	180
Peso	0,228	0,244	0,250	0,156	0,122	1
%	8,154	8,751	8,950	5,569	4,376	35,8
Puntos a repartir	81,54	87,51	89,50	55,69	43,76	358

Como se puede observar en el Cuadro 2, los 358 puntos del medio biofísico fueron repartidos por medio de la ponderación. Esto se realizó dividiendo cada suma de factores entre el total, en este caso 180, que debe ser igual a la suma de criterios. Por lo tanto, cada ponderación se obtuvo multiplicando el peso de cada factor por la sumatoria de calificaciones de medios; por ejemplo, para el factor de contaminación de agua subterránea se multiplicó el peso (0,228) por la sumatoria de calificación que es 35,8, obteniendo 8,15 %.

Si se quiere realizar por puntos, como se hizo en este caso, se multiplica el total de puntos del medio, 358 puntos para este medio y se multiplica por cada peso; por ejemplo, para el mismo factor que se utilizó en el ejemplo anterior. El peso sería 0,228, multiplicado por 358, nos da que para ese factor se deben repartir 81,5 puntos. Todo este proceso se repite para cada factor. Una vez aclarada la forma para puntuar a los factores descritos, se procedió al análisis de la evaluación de factores contenidos en los medios restantes, sean el medio socioeconómico, rural y de belleza escénica.

En el Cuadro 2, se muestra que los expertos otorgaron 89,5 puntos a la contaminación del suelo, a la contaminación de agua superficial obtuvo 87,5, seguido por la contaminación de agua subterránea con 81,5 puntos. Estos son los factores en los cuales los expertos coinciden en que la afectación por plaguicidas puede darse con mayor fuerza. Esta sería unas de las bases para justificar el uso del biobed como medida de mitigación para el vertido de los residuos de plaguicidas y el lavado de los equipos de atomizo.

Los siguientes factores corresponden al medio socio-económico, que se muestran en el **Cuadro 3:**

Cuadro 3. Resultado de la evaluación de factores del medio socio-económico.

Expertos	Factores					Suma de criterios
	Generación de infraestructura y servicios	Alteración de aspectos culturales	Contribución al patrimonio histórico y artístico	Aporte a la economía	Aporte al desarrollo de población	
Experto 1	1	2	3	4	5	15
Experto 2	3	1	2	5	4	15
Experto 3	5	2	1	4	3	15
Experto 4	3	2	1	5	4	15
Experto 5	3	2	1	5	4	15
Experto 6	1	2	3	5	4	15
Experto 7	2	3	1	5	4	15
Experto 8	1	2	3	5	4	15
Experto 9	3	1	2	5	4	15
Experto 10	2	3	1	5	4	15
Experto 11	3	2	1	4	5	15
Experto 12	2	3	1	4	5	15
Suma	29	25	20	56	50	180
Peso	0,16	0,14	0,11	0,31	0,28	
%	5,24	4,51	3,61	10,11	9,03	32,5
Puntos a repartir	52	45	36	101	90	325

En este caso, la evaluación de los expertos arrojó que el aporte a la economía es el más importante con 101 puntos, ya que la relación entre la aplicación de plaguicidas y ese factor se puede traducir como una mayor productividad en el cultivo al ser más eficaz a la hora de producir. Con la aplicación de plaguicidas se pueden controlar mejor las plagas y enfermedades, y también la aplicación de nutrientes.

La evaluación de factores para el medio rural se presenta en el siguiente cuadro:

Cuadro 4. Resultado de la evaluación de factores del medio rural.

Expertos	Factores					Suma de criterios
	Cambios en actividades recreativas	Generación de empleo	Incremento de la productividad y rentabilidad en el sector	Conservación de la naturaleza	Cambios en vías rurales	
Experto 1	5	4	3	2	1	15
Experto 2	2	3	4	5	1	15
Experto 3	1	4	5	3	2	15
Experto 4	2	3	5	4	1	15
Experto 5	1	4	5	3	2	15
Experto 6	1	4	5	3	2	15
Experto 7	2	3	4	5	1	15
Experto 8	1	4	5	3	2	15
Experto 9	2	4	5	3	1	15
Experto 10	2	3	5	4	1	15
Experto 11	2	3	4	5	1	15
Experto 12	2	3	4	5	1	15
Suma	23	42	54	45	16	180
Peso	0,128	0,233	0,300	0,250	0,089	1
%	2,77	5,06	6,51	5,43	1,93	21,7
Puntos a repartir	27,73	50,63	65,10	54,25	19,29	217

En la evaluación de factores del medio rural se puede apreciar que los expertos indicaron que el incremento en la productividad y rentabilidad en el sector tiene un puntaje de 65,1. La relación con la aplicación de plaguicidas y la implementación del biobed es que, al igual que en el medio socio-económico, aumenta la productividad y la rentabilidad en la zona rural. El segundo factor es la conservación de la naturaleza con 54,25 puntos, siendo un aspecto negativo, porque posiblemente la aplicación de plaguicidas aumente; para esto, el aporte de los SBP puede ser importante al reducir el impacto que pueda tener ese incremento, siempre y cuando se haga un buen uso de esa tecnología. El tercer factor en importancia es el de generación de empleo, pues resulta lógico que se vería impactado de forma positiva al incrementar la rentabilidad, lo cual ocasiona beneficios a los productores. En la evaluación de factores para el medio de belleza escénica se cuenta con 100 puntos, los cuales se distribuyen en el **Cuadro 5**:

Cuadro 5. Resultado de la evaluación de factores del medio belleza escénica.

Expertos	Factores					Suma de criterios
	Dificultad para la apreciación de paisajes (Intervisibilidad)	Dstrucción de recursos científico-culturales	Alteración del paisaje	Alteración del valor testimonial	Afectación al agroecoturismo	
Experto 1	1	2	3	4	5	15
Experto 2	2	3	4	1	5	15
Experto 3	1	2	4	3	5	15
Experto 4	1	3	4	2	5	15
Experto 5	1	5	4	2	3	15
Experto 6	3	2	4	1	5	15
Experto 7	3	5	2	1	4	15
Experto 8	3	4	2	1	5	15
Experto 9	1	4	2	3	5	15
Experto 10	3	2	4	1	5	15
Experto 11	1	4	3	2	5	15
Experto 12	1	5	4	2	3	15
Suma	21	41	40	23	55	180
Peso	0,117	0,228	0,222	0,128	0,306	1
%	1,17	2,28	2,22	1,28	3,06	10
Puntos a repartir	11,67	22,78	22,22	12,78	30,56	100

Para este medio y sus factores, los expertos indicaron que la afectación al agroecoturismo es importante, si fuera el caso de que las fincas se dedican a esto. Uno de los factores que sorprende, por colocarse a la mitad, es el de la destrucción de recursos científico-culturales, ya que podría darse la destrucción de material de investigación.

5.3 Resultados tercer cuestionario y argumentación de expertos

Para finalizar, se realizó la circulación del tercer y último cuestionario (ver Anexo 4), el cual se genera con los datos obtenidos de los cuestionarios pasados, con el fin de que los expertos puedan observar los resultados e indicar si están de acuerdo o no y argumentar su respuesta. Con esto se busca determinar el o los medios más afectados, así como cada uno de sus factores. A continuación, se procede a describir los resultados:

Con respecto a la calificación de medios, los expertos coinciden en un 100 % con la puntuación dada haciendo referencia a que el medio biofísico es el más importante (ver Cuadro 1). Algunas de las respuestas se mencionan a continuación:

- “Los recursos biofísicos son la base para generar rentabilidad en el cultivo del café; que al final es la razón de peso por la cual existe el cultivo. Sin buena calidad de suelos, agua, es imposible generar rentabilidad; por eso el uso responsable de agroquímicos es elemental. La eliminación de los agroquímicos (como algunos proponen) supondría un aumento en la pobreza y caída del sector productivo; es necesario educación en el uso de químicos” (Experto 1, 2022).

- “En general, en cualquier cultivo, el medio en el que este se desarrolla es el más importante: el suelo, agua, clima, etc. Y para una mejor producción, es donde entra el uso de plaguicidas, que buscan minimizar o eliminar el efecto de plagas o enfermedades. Muchas de estas relacionadas con ese medio físico: no todas las plagas y enfermedades serán las mismas en todos los cultivos y lugares, pues dependerán de ese tipo de medios para su proliferación. El hecho que el medio socio-económico esté en segundo lugar de importancia, también refleja la realidad, pues claramente el café es una actividad

económica importante en el país y los plaguicidas impactan los bolsillos de muchas personas (tanto si se usan y si no se usan). El cultivo es el medio de subsistencia de muchas personas en el país, al ser uno de los cultivos estrella y de mayor exportación desde hace muchos años. Ha definido importantes hitos en la sociedad costarricense como parte de su identidad, formas de vida, desde su presencia en el país. Aunque la presencia del café en muchas zonas del país, aumento de su presencia y que ha traído disminución del paisaje natural es importante, si hablamos solamente de un asunto "estético" o de paisaje sí es menos importante que el efecto / impacto que los demás tienen para las sociedades y calidad de vida" (Experto 3, 2022).

- “El entorno biótico y abiótico de un organismo o población y, por consiguiente, incluye los factores que influyen en su supervivencia, desarrollo y evolución” (Experto 4, 2022).
- “Estos medios son los más importantes para el cultivo además de que son los que más hay que cuidar debido a la alta degradación y poco control sobre los mismos” (Experto 6, 2022).
- “Para tener un buen ambiente en general se debe de cuidar primero el medio biofísico, sino se conserva este medio los otros se verán afectados indirectamente. Por ejemplo, las BPA permiten proteger el cultivo de una manera equilibrada sin afectar el entorno” (Experto 8, 2022).
- “Sí concuerdo con el resultado, debido a la importancia del medio biofísico para el cultivo y su este se ve afectado la producción puede verse afectada o retrasada y por ende afectar otros factores como los socioeconómicos. En el caso de la belleza-escénica, es importante, pero en un cultivo no se busca lo atractivo a la vista, sino que la producción sea la mejor y en las mejores condiciones” (Experto 9, 2022).
- “Los factores biofísicos, como podrían ser agua, suelo, aire y el ser humano son los más afectados por la mala utilización de los químicos sintéticos utilizados en los sistemas de

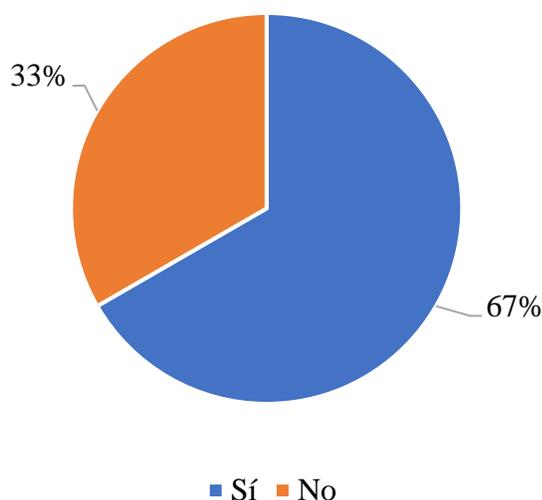
producción, por lo que también serán los factores más beneficiados con la introducción de nuevas prácticas más sostenibles” (Experto 10, 2022).

→ “Estoy de acuerdo en considerar el medio biofísico como es el más importante, ya que es el que nos provee los recursos para cualquier otro tipo de actividad, y estos recursos son los que se deberían aprovechar sosteniblemente para apoyar todos los otros medios” (Experto 11, 2022).

→ “El medio biofísico es aquel donde se desarrolla el cultivo y del cual depende su rendimiento por lo cual me parece el más importante” (Experto 12, 2022).

Dado lo anterior, se explica que la aplicación de plaguicidas debe darse de forma controlada, y las calificaciones brindadas dan razón para la implementación de tecnologías como los biobeds donde van a generar una mayor responsabilidad ambiental por parte de los productores. En relación con lo anterior, se muestran los resultados sobre si están de acuerdo o no con respecto a la puntuación de los factores. Con respecto a los factores del medio biofísico, los expertos opinaron lo siguiente:

Figura 5. Respuestas a la pregunta: ¿Está de acuerdo con el puntaje otorgado a los factores del medio biofísico?



En la Figura 5 se muestra que los expertos opinaron mayoritariamente a favor del puntaje otorgado a los factores del medio biofísico, por lo cual se solicitó sus razones al respecto. Los resultados de las personas que están a favor se muestran en el siguiente cuadro:

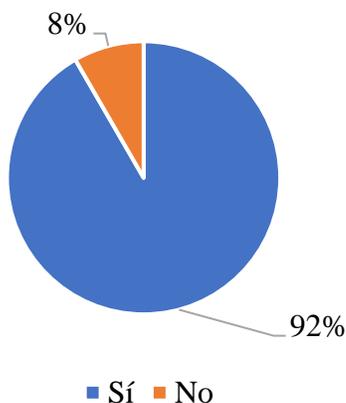
Tabla 2. Argumentación sobre el puntaje otorgado a los factores del medio biofísico, por parte del panel de expertos

De acuerdo	En desacuerdo
<p>“El biobed se propone con la finalidad de controlar la contaminación puntual, tener un lugar fijo, activado en la acción de degradación. Se favorece más al suelo y al agua superficial” (Experto 2, 2022).</p>	<p>“Considero que la pérdida de flora y fauna es más relevante que la contaminación de fuentes de agua en el caso de café” (Experto 1, 2022)</p>
<p>“Muchos de los plaguicidas, las afectaciones la encontramos más en los recursos suelos” (Experto 4, 2022)</p>	<p>“A pesar que efectivamente todos los aspectos son importantes y se afectan con el uso de plaguicidas, hay que hacer notar los que se impactan más rápida o fácilmente. Por ejemplo, la calidad del aire creo que se afecta muy rápidamente con los plaguicidas porque siempre se echan los plaguicidas en alguna forma que se dispersa por el aire (aunque sean pocas partículas); si pensamos en plaguicidas con avioneta, aún más. Eso, además, afectaría o llegaría a muchas personas. De esa misma forma, impacta al agua superficial, además que también lo hace por escorrentía. En cuanto a contaminación de suelos y agua subterránea, el impacto es alto, pero no sé si eso depende del tipo de plaguicidas, donde algunos sí se quedan en las capas del suelo o llegan y se quedan en agua, mientras otras se inactivan” (Experto 3, 2022)</p>
<p>“La aplicación de plaguicidas se realiza directamente al cultivo o al suelo, y su mal manejo puede generar contaminación de cuerpos de agua, además de contaminación directa del suelo por sobredosificación y residualidad. La pérdida de flora y fauna de manera indirecta por contaminación del agua, o directa si se habla de micro y macro organismos del suelo. La mayor contaminación del aire sería por emisiones de N₂O fertilizantes nitrogenados” (Experto 5, 2022)</p>	<p>“Realmente el problema directo de contaminación de aguas (superficiales, subterráneas, suelo, etc) es la afectación de la biota ligadas a estos ecosistemas, por lo que la pérdida (o afectación d todo tipo) es la consecuencia final de la contaminación, por lo que en mi opinión debería ser el factor primordial” (Experto 7, 2022)</p> <p><i>Continúa en la siguiente página.</i></p>

De acuerdo	En desacuerdo
<p>“El suelo es el medio de crecimiento de la planta y su contaminación impacta directamente en la calidad y vigor de planta, así como su respuesta fisiología a largo plazo” (Experto 6, 2022)</p>	<p>La contaminación del suelo sí puede ser muy importante, y es un problema que justamente los biobeds vienen a tratar, debido a que probablemente el suelo es la matriz que más frecuentemente recibe descargar altamente concentradas de plaguicidas como lo son los lavados de las bombas y residuos de productos comerciales, y bien, esto claramente puede afectar la capacidad de producción de alimentos. El factor agua también es muy importante, ya que también es necesario para la ingesta y producción de alimento, yo considero resaltar la importancia del agua subterránea, debido a que por infiltración de estas descargas de plaguicidas en el suelo pueden llegar a contaminarse esta importante fuente de agua” (Experto 11, 2022)</p>
<p>“El suelo influye como mayor factor debido a la transferencia de plaguicidas por escorrentía a los ríos, lixiviación a los mantos acuíferos y la adsorción de los productos de origen vegetal” (Experto 8, 2022)</p>	<p>-No aplica</p>
<p>“Concuerdo totalmente con los resultados, debido a que el plaguicida si no se trabaja con cuidado o se le da el tratamiento adecuado al resultado los medios que se pueden ver más afectados son el suelo y los cuerpos de aguas superficiales por medio de las escorrentías”. (Experto 9, 2022)</p>	<p>-No aplica</p>
<p>“Los factores agua y suelos son los factores de contacto directo y riego inmediato en caso de un mal uso de los agroquímicos” (Experto 10, 2022).</p>	<p>-No aplica</p>
<p>“El uso de agroquímicos en general tiene un impacto directo en el suelo y puede contaminar aguas superficiales, lo cual sin duda es una de las mayores limitantes para el desarrollo de los cultivos como el café” (Experto 12, 2022).</p>	<p>-No aplica</p>

Para el caso del medio socio-económico, los expertos respondieron si estaban o no de acuerdo de la siguiente manera:

Figura 6. Respuestas a la pregunta: ¿Está de acuerdo con el puntaje otorgado a los factores del medio socio-económico?



Como se puede observar en la Figura 6, el 91,7 % de los expertos consultados indicaron que están de acuerdo con los resultados obtenidos para el medio socio económico, logrando así un acuerdo entre las partes sobre el impacto que pueden generar los plaguicidas en este medio, tanto de forma positiva como negativa.

Los comentarios se muestran a continuación:

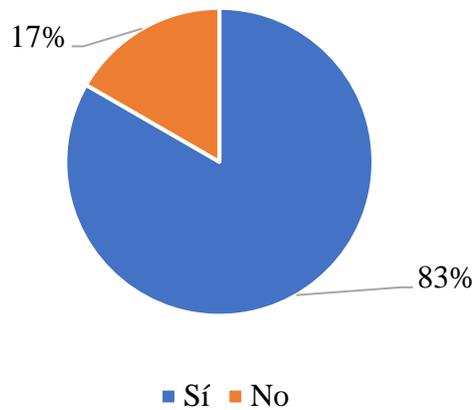
Tabla 3. Argumentación sobre el puntaje otorgado a los factores del medio socio-económico, por parte del panel de expertos

De acuerdo	En desacuerdo
<p>“El aporte a la economía es fuerte, tanto en incremento de productividad, rentabilidad, como en generación de empleos directos e indirectos en venta, distribución” (Experto 1, 2022).</p>	<p>“Estoy de acuerdo en que el aspecto económico en la actualidad puede llegar a tener más peso que el cultural (de cierta forma lamentable), pero considero de mayor importancia el aporte al desarrollo de la población como un beneficio para la zona de producción (quien además es quien recibe los impactos negativos de la producción), sobre el aporte a la economía en general” (Experto 11, 2022).</p>
<p>“Sería un plus para cada una de las fincas. Fincas ambientalmente responsables, lo cual hace que los ríos de la localidad tengan menor impacto directo por los agroquímicos” (Experto 2, 2022).</p>	<p>-No aplica</p>
<p>“Efectivamente creo que la economía es la que más se impacta con el uso de plaguicidas; además, el cultivo de café tiene un posicionamiento importante en la economía de los costarricenses desde hace muchos años, y si baja o aumenta la producción y su exportación es algo que afecta al país. Esto está ligado al desarrollo de la población en término de empleos, y capacidad económica del país a nivel general. En cuanto a infraestructura, lo define por dos cosas: 1) donde se desarrolla fuertemente el cultivo de café, se empiezan a dar asentamientos humanos con su consecuente necesidad de servicios e infraestructura; y 2) también, al existir uso de plaguicidas se debe definir un distanciamiento apropiado de la población, por ejemplo, escuelas, clínicas, viviendas; lo cual no siempre ocurre y pueden darse problemas. Por aspectos culturales, el café es parte de nuestra identidad desde hace tanto tiempo que cuesta hacer una distinción en que esta llegaría a alterar aspectos culturales. En realidad, ya es parte de nuestra cultura. Efectivamente, la actividad económica del café contribuiría en menor medida con lo que es patrimonio” (Experto 3, 2022).</p>	<p>-No aplica</p>
<p>“El uso de plaguicidas incide directamente sobre la capacidad económica de los productores y se ve reflejado en los precios finales de los productos, lo incide en los consumidores finales. El cambio en el patrimonio podría ser respecto a prácticas agroecológicas que sean reemplazadas por plaguicidas,</p>	<p>-No aplica. <i>Continúa en la siguiente página</i></p>

De acuerdo	En desacuerdo
sin embargo, con respecto a las demás variables considero que es la de menos impacto” (Experto 5, 2022).	
“El impacto a la económica es muy importante ya que directa o indirectamente impacta positivamente” (Experto 6, 2022)	-No aplica
“De acuerdo” (Experto 7, 2022)	-No aplica
“Un buen manejo del cultivo aporta a la economía generando empleos en la zona” (Experto 8, 2022).	-No aplica
“Conuerdo con los resultados obtenidos. Ya que la producción y un cultivo lo que se busca es un aporte a la economía como principal factor” (Experto 9, 2022).	-No aplica
“Podría decir que efectivamente el aporte a la economía y el desarrollo de la población son los sectores más vulnerables o que podrían verse más afectados por el mal uso de químicos sintéticos o más beneficiados en el caso de prácticas o tecnologías más sostenibles. La disminución de intoxicaciones causas directamente por la ingesta de agroquímicos o por la ingesta de agua contaminada afecta la economía de una región al destinar recursos para mitigar el impacto de estos problemas causados, así como según la gravedad o consecuencias podría también incidir sobre el desarrollo adecuado de la población” (Experto 10, 2022).	-No aplica
“El cultivo del café todavía se desarrolla en Costa Rica en pequeñas áreas por lo cual su impacto para la economía local y el desarrollo de las poblaciones es muy importante” (Experto 12, 2022).	-No aplica

Para el medio rural, los expertos opinaron de la siguiente forma:

Figura 7. Respuestas a la pregunta: ¿Está de acuerdo con el puntaje otorgado a los factores del medio rural?



En la Figura 7 se muestra que el 83,3 % de los expertos consultados estuvo de acuerdo con el puntaje dado a los factores del medio rural. A continuación, se muestra la argumentación de los expertos:

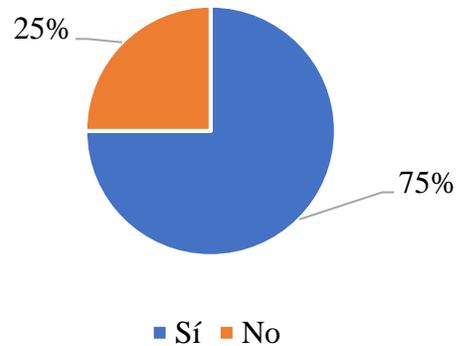
Tabla 4. Argumentación sobre los factores del medio rural.

De acuerdo	En desacuerdo
<p>“El impacto en productividad y rentabilidad es clave; sin agroquímicos quedarían sólo productores románticos, que cultiven por amor no para ganar plata (los resultados son claros... se podrían nombrar varias asociaciones y cooperativas que han fracasado)” (Experto 1, 2022).</p>	<p>“Realmente la implementación de biobeds está ligada a contener la contaminación ambiental, para de esa forma conservar los ecosistemas/naturaleza, por lo que el factor "conservación de la naturaleza" debería tener una importancia mayor. En realidad, la aplicación de biobeds no está directamente relacionada con un incremento en la productividad” (Experto 7, 2022).</p>
<p>“Si a mí me sirve, a vos también. Ese es el factor de instalar un sistema en las fincas. Con los primeros instalados pronto serán más los que también quieran trabajar de esta forma, esto será bien visto por el sector productivo, ambiental y turístico” (Experto 2, 2022).</p>	<p>“Considero necesario un balance entre el incremento en la productividad y la generación de empleo, en la actualidad las capacidades de automatización son muy altas y, esto pese a que podría mejorar la rentabilidad de la productividad agrícola, puede generar recortes de personas y pues a final de cuentas muy probablemente se reflejaría en una mayor diferenciación social” (Experto 11, 2022).</p>
<p>“El uso de plaguicidas se ha mantenido en el tiempo porque efectivamente ha ayudado a incrementar la productividad al minimizar o erradicar plagas y enfermedades que afectan la producción. Por tanto, tiene sentido que sea el que tiene más importancia. Con el incremento de la productividad, más áreas de cultivo, etc. se dan oportunidades de empleo, aunque este es más estacional. Claramente, no existen muchas oportunidades de conservación de la naturaleza con más áreas de café o más uso de plaguicidas, por lo que es un criterio importante a considerar cuando se habla de "impacto". Efectivamente, afecta en menor medida a las actividades recreativas / vías rurales, aunque siempre hay impactos directos o indirectos” (Experto 3, 2022).</p>	<p>-No aplica</p>
<p>“El cambio de vía no tiene en lo absoluto que ver con la agricultura, ya que no se modifica” (Experto 4, 2022).</p>	<p>-No aplica</p>
<p>“El uso de plaguicidas incide directamente sobre la productividad y rentabilidad del sector agrícola, los cambios en vías rurales no se ven afectados por el uso o no de plaguicidas” (Experto 5, 2022).</p>	<p>-No aplica</p>

<p>“Con los problemas asociados de falta de mano de obra y altos costos de producción la mejor alternativa para ser sostenibles en el tiempo” (Experto 6, 2022).</p>	<p>-No aplica. <i>Continúa en la siguiente página</i></p>
<p>“Al haber una mayor producción se ve beneficiada la región con mayores empleos mayor demanda y la rentabilidad tiende a ser mayor” (Experto 8, 2022).</p>	<p>-No aplica</p>
<p>“Conuerdo con los datos, si pensaría que un factor importante que tuvo que tener más peso en los resultados es la conservación de la naturaleza” (Experto 9, 2022).</p>	<p>-No aplica</p>
<p>“Justificamos el uso de insumos químicos sintéticos para aumentar la productividad de los sistemas productivos, manteniéndolos teóricamente más sanos (libres de plagas y enfermedades) y que le permita al productor una mejor productividad” (Experto 10, 2022).</p>	<p>-No aplica</p>
<p>“En términos rurales el café sin duda es un generador de empleo y ese es uno de sus mayores valores. Las afectaciones a la productividad afectan todos los otros parámetros derivados por lo cual este se transforma en el factor más significativo” (Experto 12, 2022).</p>	<p>-No aplica</p>

Para concluir, se muestran los resultados sobre si están o no de acuerdo con la puntuación para los factores del medio de belleza escénica:

Figura 8. Respuestas a la pregunta: ¿Está de acuerdo con el puntaje otorgado a los factores del medio belleza escénica?



Como se observa en la Figura 8, los expertos coinciden en un 75 % de forma positiva a la puntuación de los factores del medio de belleza escénica, para el cual argumentaron lo siguiente:

Tabla 5. Argumentación sobre los factores del medio belleza escénica

De acuerdo	En desacuerdo
-No aplica	“No creo que se deje de visitar viñedos en Francia por uso de agroquímicos... no estoy de acuerdo con la elección de los demás expertos.” (Experto 1, 2022)
“Similar a las respuestas anteriores, es mejor tener una comunidad responsable que otra que no tiene cuidado. La instalación de estos sistemas traerá beneficios a la producción. Eso sí, un factor importante y no considerado en todo el sistema de instalación, es la enseñanza para su buen uso y su posterior mantenimiento.” (Experto 2, 2022)	“Todos forman parte de la producción de café” (Experto 4, 2022)
“Efectivamente, si hablamos de ecoturismo y utilizamos plaguicidas, este concepto se viene abajo. Es el más impactado. Aun así, se ha estado explotando mucho el concepto de agro-turismo, especialmente con el café, ya que muchos beneficios / empresas / fincas han abierto sus puertas al turismo para que aprendan del cultivo tan popular en todo el mundo, y realmente ha estado resultando positivo para muchos (Ej. Doka, Alsacia, CoopeDota). El turismo es un nuevo campo que se explotando en término del café, debido a nuestro posicionamiento en el mundo (café de alta calidad y de exportación), y es uno de los pocos que se ha podido insertar en ese campo. Claramente, existe una alteración en el paisaje; donde antes veíamos montañas con vegetación virgen, ahora se ve café (a veces no sabemos que eso es lo que estamos viendo, debido a que nos hemos acostumbrado demasiado a ese paisaje). Por lo mismo tiene sentido la destrucción de recursos. A nivel cultural, habría que ver a qué hace referencia, siendo que el café es parte de nuestra cultura desde hace tanto que se ha adoptado como nuestra. En cuanto a recursos científicos, habría que analizar exactamente a qué hace referencia: puede ser la naturaleza (que deja de existir), o también se abre a conocimiento científico agronómico. Los dos últimos elementos sí parece que podrían tener menor importancia, si consideramos los otros elementos que existen en el medio de belleza escénica.” (Experto 3, 2022)	“De forma similar al punto anterior, la destrucción de recursos científicos (ecosistemas/biota) es lo que termina a fin de cuentas siendo protegido por el uso de biobeds; este factor debió estar entre los primeros 2 del medio evaluado” (Experto 7, 2022)
“Si es agroecoturismo, se espera que sea agroecológico y que cumpla con criterios como buenas prácticas, preservación del medio ambiente, etc. La aplicación de plaguicidas no incide directamente sobre la apreciación del paisaje, acá en mi opinión serían temas de manejo, monocultivos, deforestación” (Experto 5, 2022)	“El agroecoturismo y la apreciación del paisaje son dos herramientas productivas de las cuales se puede obtener un alto provecho económico sin afectar considerablemente el medio ambiente” (Experto 11, 2022)

De acuerdo	En desacuerdo
“El agroecoturismo es una práctica/modelo reciente donde se establecen fincas modelos de los procesos de producción, por lo tanto, tiene una mayor incidencia” (Experto 8, 2022)	-No aplica. <i>Continúa en la siguiente página</i>
“En este caso concuerdo, pero en mi opinión le daría más importancia a la alteración del paisaje seguido de la afectación al agroecoturismo” (Experto 9, 2022)	-No aplica
“Hay una incidencia directa en el agroecoturismo que busca evidenciar prácticas más integrales, holísticas y sostenibles en los sistemas productivos y así darles un valor agregado a las actividades agro productivas” (Experto 10, 2022)	-No aplica
“El cultivo del café ha cobrado interés en términos de sus atractivos turísticos por lo cual si resulta en algo muy importante evitar su afectación” (Experto 12, 2022)	-No aplica

Con todo lo visto anteriormente y lo que indicaron los expertos, la aplicación de plaguicidas tiene tanto efectos positivos como negativos que pueden generar muchísimos beneficios económicos, productivos, al desarrollo social y generación de proyectos, entre otros. También se presentan aspectos negativos como la contaminación de suelos, aguas, animales y vegetación que pueden encontrarse al momento de producir, así como también mal manejo e intoxicación en humanos.

Con base a lo anterior, se puede decir que los biobeds pueden llegar a ser una solución económica, fácil de implementar y mantener y de usar con el fin de ir generando conciencia y protección hacia todo el entorno en el que se desarrolla el cultivo de café.

CAPÍTULO 6. Efectuar un análisis económico y social con respecto a la implementación, administración y mantenimiento de los biobeds, en la zona y cultivo seleccionados.

6.1 Resultados y discusión de las encuestadas realizadas en Palmares

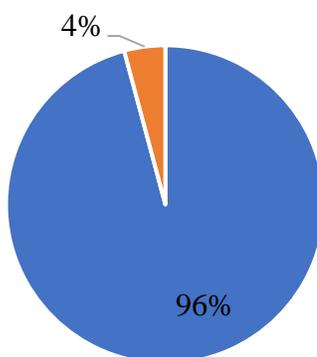
Los resultados se dan en el orden planteado en el instrumento de encuesta de los productores (ver

Anexo 1); además, separado por lugar de implementación, iniciando con los productores de Palmares para luego dar paso a los productores encuestados de Naranjo.

6.1.1 Información general de los productores de Palmares

Primeramente, se consultó a los productores si el cultivo se trabaja de forma convencional, orgánica u otro. Los productores de Palmares indicaron lo que muestra en la siguiente figura:

Figura 9. Tipo de plantación de café, productores de Palmares



■ Productores con producción convencional ■ Productores con producción orgánica

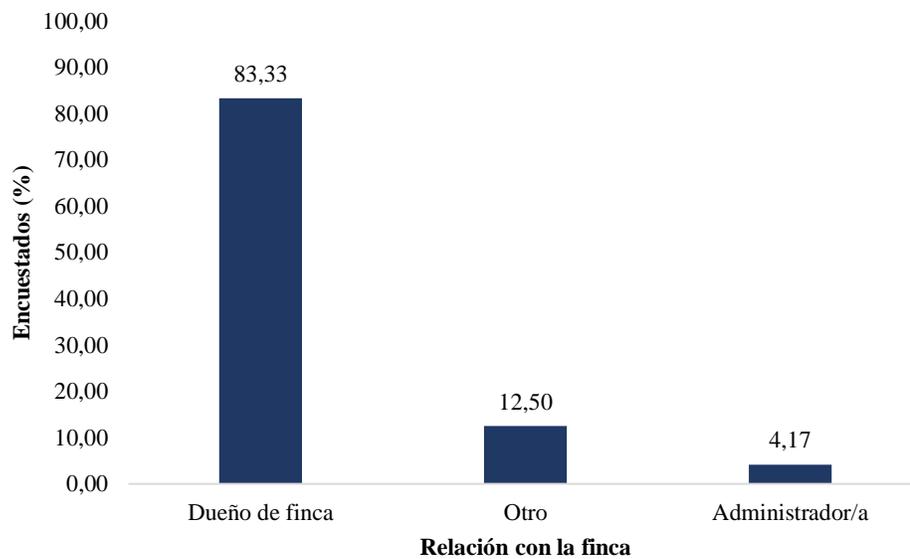
Con base en la Figura 9, se puede observar que los productores encuestados siguen optando por la producción convencional, es decir, con aplicación de agroquímicos en el cultivo de café. De los 24 productores, solo un productor mencionó que mantenía una producción orgánica, por lo cual se puede justificar la implementación de los biobeds, haciendo que los

productores quieran aplicar tecnologías sencillas pero eficaces que ayuden al medio ambiente y la degradación de plaguicidas.

El área de producción promedio de café es de 4,46 hectáreas en producción convencional y 0,35 hectáreas en producción orgánica, según los datos obtenidos en la encuesta aplicada.

Posteriormente, se les consultó sobre qué relación de la persona encuestada que tiene con la finca, con esto darle mayor validez a la encuesta, ya que, si los datos provienen de la persona encargada del cultivo de café o bien de la finca, puede brindar datos más certeros sobre la actividad, a lo cual los encuestados respondieron de la siguiente forma:

Figura 10. Relación de la persona encuestada con la finca.



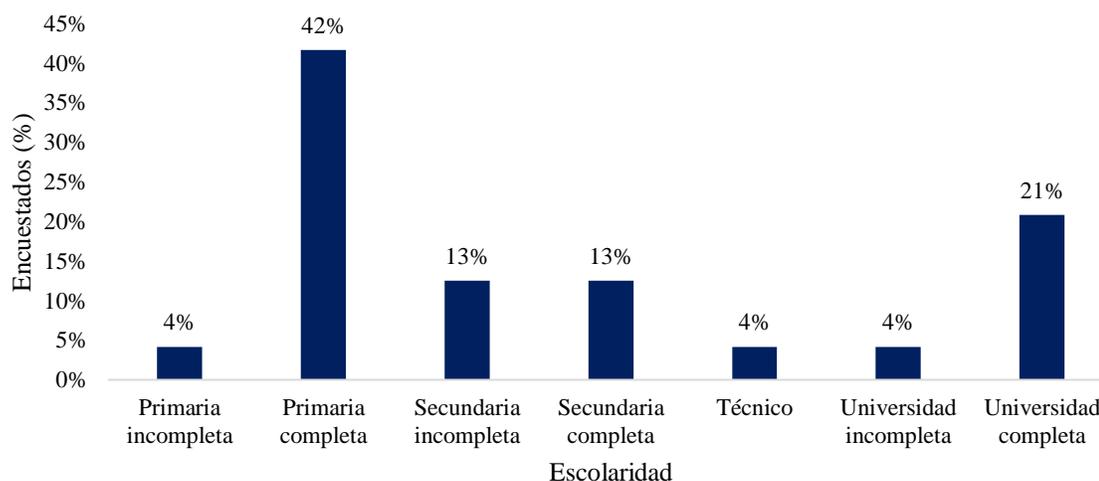
Para este apartado, 83,3% de los 24 productores indicaron que son los dueños de la finca, 4,17% indicó que es administrador y 12,50% (3 de 24) de los encuestados señalaron otras condiciones: una es la hija del dueño, otra persona es la esposa de un productor, y uno más es un socio.

Además, la edad promedio de los encuestados es de 58 años, siendo entonces productores de edad avanzada y que poseen bastante experiencia en el cultivo y su manejo.

En cuanto al sexo, sigue existiendo mayor participación por parte de los hombres, pues el 92% de los productores encuestados son hombres. Por otro lado, no se puede obviar que existen mujeres productoras asociadas a la cooperativa.

El nivel de escolaridad de los productores se muestra en la siguiente figura:

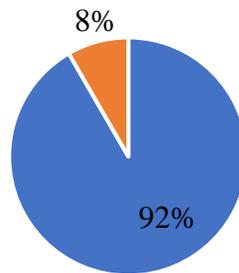
Figura 11. Nivel de escolaridad de los productores de Palmares encuestados



Observando la Figura 11, se encuentra que la mayoría de los productores, con un 42 %, tiene primaria completa; mientras que, un nivel que resalta, es que el 21 % de los productores tiene universidad completa. Dentro de las preguntas no se consideró preguntar la carrera que poseen los productores aquellos que indican tener universidad completa.

Se les consultó a los productores si cuentan con ingeniero agrónomo trabajando en sus fincas, que les indique cuales insumos y agroquímicos se necesitan para las aplicaciones y también en la administración de la finca y sus cultivos, para lo cual las respuestas se muestran en la Figura 12:

Figura 12. Existencia de ingeniero agrónomo en finca, Palmares

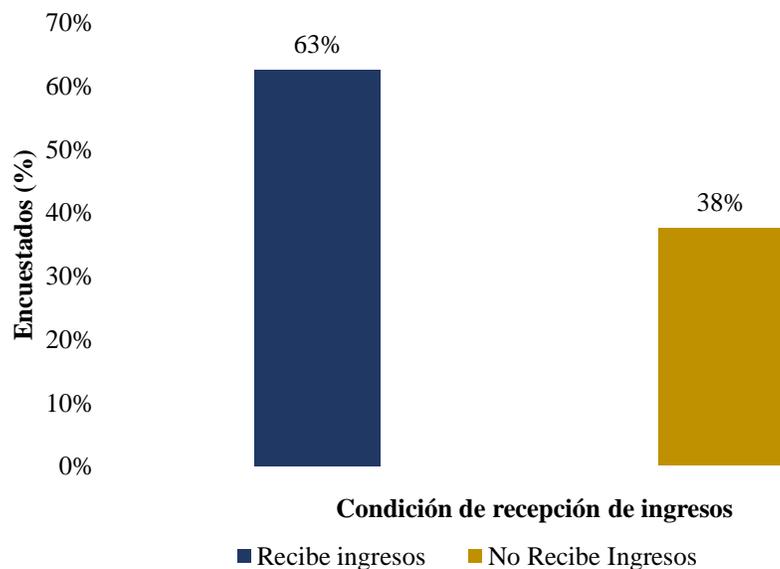


- No cuenta con ingeniero agrónomo
- Cuenta con ingeniero agrónomo

Es interesante observar que el 8 % de los productores indica que cuenta con ingeniero agrónomo, siendo que uno de ellos es ingeniero agrónomo, con lo que aprovecha su profesión para su cultivo. El 92 % indica que no cuenta con ingeniero agrónomo en su finca, pero que recibe la asesoría por parte de CoopePalmares durante todo el proceso productivo.

Se les consultó, además, sobre si reciben otros ingresos económicos aparte del cultivo de café en la Figura 13:

Figura 13. Porcentaje de productores con ingresos por otras actividades.

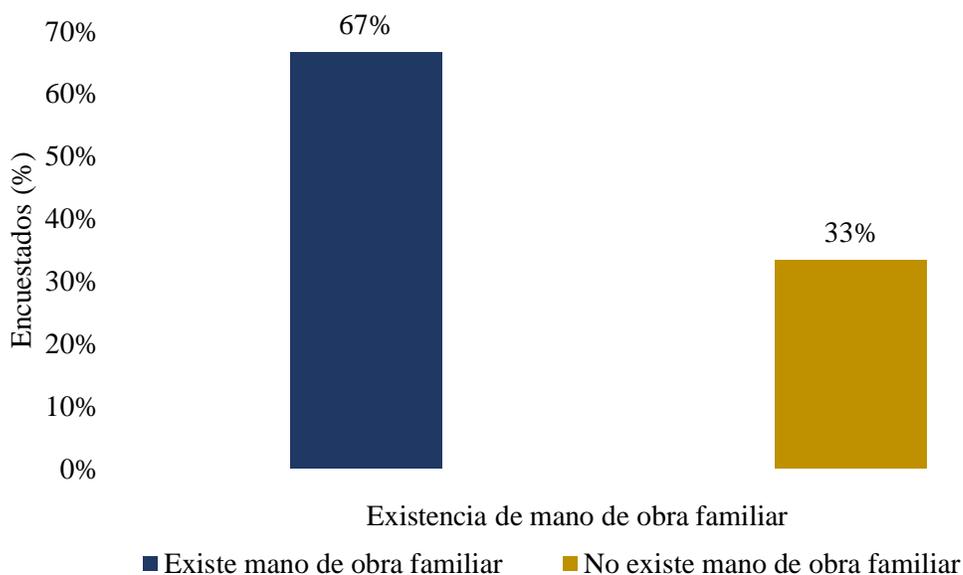


El porcentaje de productores que recibe ingresos por otras actividades es del 63 %, siendo entonces que la mayoría de los encuestados complementa su actividad en café con otras para

obtener mayores ingresos. Dentro de las actividades que desarrollan, indicaron que cuentan con una pensión como ingreso adicional, trabajan para CoopePalmares en distintos cargos, poseen taxis, tienen otro cultivo, poseen ganado de engorde, distribuyen pollo y huevo, carnicería o la docencia.

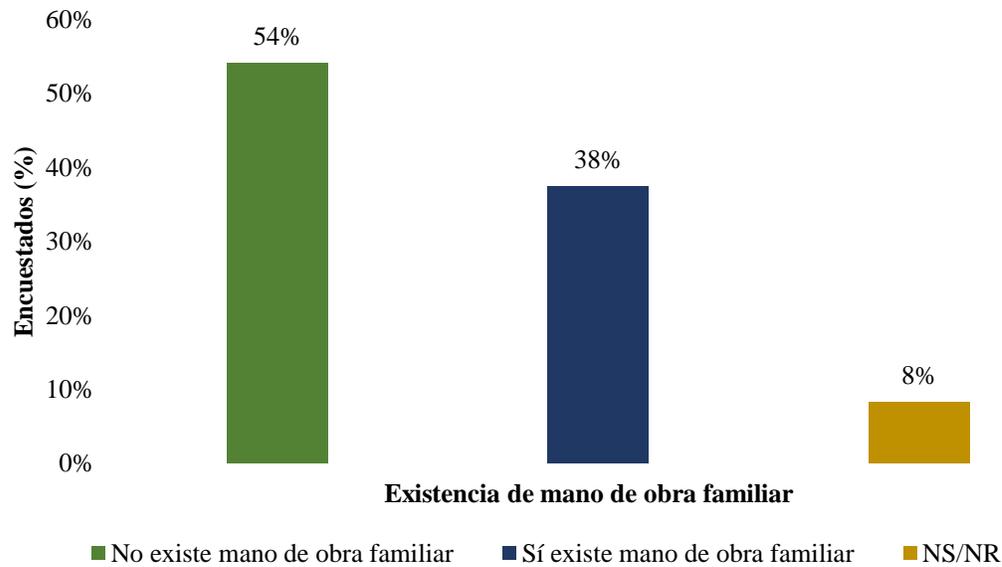
Se realizó la pregunta a los productores si contaban con mano de obra familiar y qué relación tenían con sus familiares, dentro de los cuales mencionaron a esposas, hijos/as, hermanos y cuñados. Cabe destacar, que no trabajan hijos o familiares menores de edad. En el siguiente gráfico se muestran los porcentajes de existencia de mano de obra familiar:

Figura 14. Mano de obra familiar en fincas cafetaleras de Palmares



En relación con lo anterior, se les preguntó si en los periodos donde no hay cosecha, existe mano de obra familiar a lo que respondieron de la siguiente forma:

Figura 15. Existencia de mano de obra familiar cuando no hay cosecha.



En la Figura 15 se observa que el porcentaje de productores que indica que sí existe mano de obra familiar cuando no hay cosecha es del 38 %, y señalan que son las mismas personas que los acompañan cuando hay cosecha: sus esposas, hermanos, cuñados e hijos/as.

Asimismo, se consultó sobre el jornal diario que gana un colaborador. Se realizó un promedio de los costos por jornal indicado, el cual se dio en 8.977 colones, dato del 2019, año en que se aplicaron las encuestas.

También, se indagó acerca del tiempo en el cual se ha sembrado café en la finca; cuyo resultado, en promedio, es de 41 años.

Se preguntó acerca de la pertenencia a alguna organización agrícola. El 79 % pertenece a CoopePalmares, un 8 % no pertenece a ninguna organización, un 8 % pertenece a alguna asociación o cámara (en este caso, mencionan a otra cooperativa de ahorro y crédito), y un 4 % a otra, pero no especifican cuál.

La última cosecha que realizaron al momento de esta encuesta fue de noviembre de 2018 a febrero de 2019, esto para el 100 % de los productores encuestados. Aunado a esto, se

consultó acerca de la cantidad de hectáreas que fueron resembradas, se realizó un promedio, el cual dio como resultado 1,64 hectáreas en resiembra por productor.

La producción en promedio por hectárea para el año 2019 fue de 36,86 fanegas, las cuales se entregaron en un 100 % a CoopePalmares, quien se encarga del grano para su comercialización y exportación. Posteriormente, liquida a los productores lo que ellos entregaron a la cooperativa. Para ese año, la cooperativa liquidó el café verde en promedio a un precio de 59.000 colones la fanega y el café maduro a 87.350 colones. Los productores mencionan que no cuentan con microbeneficio.

6.1.2 Conocimientos técnicos del cultivo

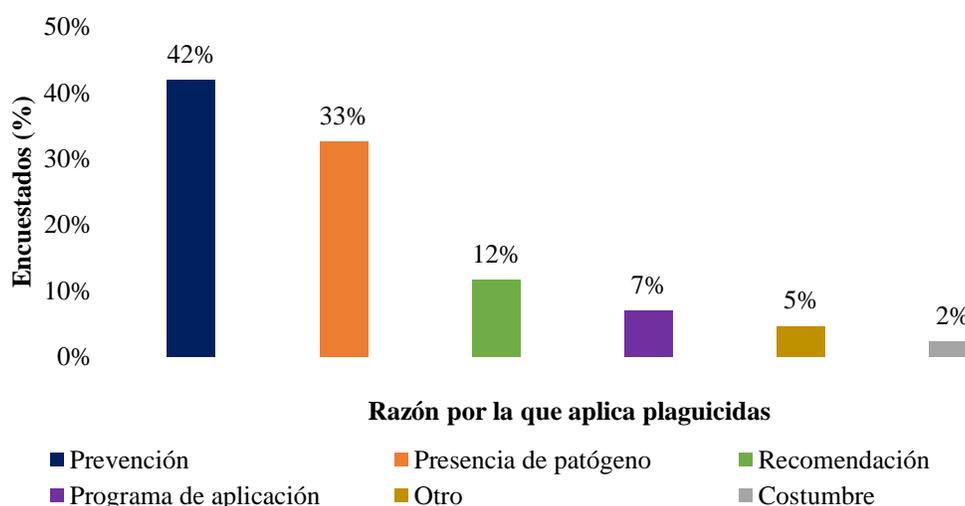
Se realizó la consulta sobre conocimientos técnicos del cultivo con el fin de identificar en qué aspectos basan su decisión de aplicar agroquímicos, la disposición de los residuos y productos vencidos, así como la forma en que realizan los lavados y dónde depositan esas aguas residuales. Lo anterior ayudaría a justificar el uso de los biobeds, porque se analizaron estos aspectos para conocer los productos que utilizan y sus prácticas agrícolas, además de las frecuencias de aplicación.

En el primer apartado se preguntó acerca de las enfermedades y plagas que se han presentado en sus fincas. Las respuestas fueron muy similares, siendo que las enfermedades más comunes que se indicaron fueron la Roya (*Hemileia vastatrix*), Ojo de gallo (*Mycena Citricolor*), Antracnosis (*Colletotrichum spp*), Cercospora (*Cercospora coffeicola*) y Derrite del cafeto (*Phoma costarricensis*) (Hernández Aguilar, 2010). Además, se encuentran plagas como Joboto (*Phyllophaga spp.*), Cochinilla (*Hemiptera: Pseudococcidae*) y Nemátodos (*Nematoda*). Con base en las enfermedades y plagas que enfrentan los productores durante el ciclo productivo, es de esperar que deban hacer uso de plaguicidas con el fin de minimizar los efectos negativos provocados cuando se salen de control o cuando las poblaciones de insectos dañan de forma generalizada los cultivos, por lo que los rendimientos en la producción podrían verse afectados.

Mencionan que los plaguicidas que más utilizan son los insecticidas y fungicidas, para combatir las enfermedades y desarrollo de hongos e insectos que llegan a devorar plantaciones. Una muestra de esto es que los productores se preparan en época de lluvias, tanto por su conocimiento como por recomendación de agrónomos y del Instituto del Café de Costa Rica (Icafé), esto porque en mayo del 2020, el Icafé alertó sobre las condiciones climáticas de ese momento, ya que esperaban lluvias, alta humedad, rocío y temperaturas cálidas, las cuales serían el detonante de la roya (*Hemileia vastatrix*); por lo que indicaban tomar medidas preventivas necesarias, pues el pronóstico se catalogó como muy agresivo (ICAFE, 2020).

Para el combate de las enfermedades y plagas descritas anteriormente, los productores encuestados citaron varios agroquímicos, la mayoría coincide en varios de ellos, dentro de los que destacan los fungicidas, Los productos en cuestión son: Opera (piraclostrobina + epoxiconazol), Esfera (cyproconazole + trifloxystrobin), Opus (epoxiconazole), Atemi (cyproconazole), Soprano (epoxiconazole + carbendazina), Amistar (azoxistrobina). Además, utilizan agroquímicos para el control de hierbas como Gramoxone (paraquat) y Round up (glifosato). También mencionan el uso de agroquímicos foliares como boro, calcio, potasio, zinc, magnesio, multiminerales, entre otros. Utilizan además coadyuvantes.

La mayoría de los productores mencionó que aplican plaguicidas por prevención, para evitar que plagas y enfermedades se expandan, se dificulte más su control, y les genere mayores pérdidas y costos para combatir en caso de que se les salga de las manos. En **Figura 16** se aprecian las diferentes formas en las que basan sus decisiones de aplicación:

Figura 16. Decisión de aplicación de plaguicidas.

Se consultó sobre que realizan con la mezcla de plaguicidas que les sobra, para lo cual 10 de 24 productores indicaron que les sobra mezcla, de los cuales dos repasan en el cultivo propio, seis almacenan el sobrante para la siguiente aplicación, y dos lo repasan en la finca del vecino. Se puede observar que no mantienen una buena práctica agrícola en el manejo de plaguicidas, por lo que se debe incentivar el uso de alternativas y educar a los productores de forma que puedan adoptar medidas que mejoren las buenas prácticas agrícolas, ya que ninguno de los 24 productores menciona que posee carteles o rótulos de advertencia de aplicación de plaguicidas en la finca.

En cuanto al lavado del equipo, 21 productores indican que lavan el equipo cuando terminan de aplicar plaguicidas, un productor no lo hace y dos no respondieron. Los equipos los lavan mayoritariamente en la pila de la casa y mencionan que los tiran al suelo, los vierten dentro del cafetal, a un hueco con arena, que los desechan al caño, patio de la casa, o por un tubo cerca de la casa. Con lo anterior, se observa que el manejo luego del lavado no es el adecuado, pues los químicos son vertidos al suelo, cerca de las casas, donde animales puede acercarse a beber, niños/as que pueden tener contacto con los plaguicidas vertidos y la inminente contaminación al suelo. Doce productores sólo utilizan agua, mientras que diez productores utilizan agua y jabón.

Solo cuatro productores mencionan llevar registros de aplicaciones, lo cual es muy bajo y podría decirse que la mayoría cuenta con pocos o nulos registros de aplicaciones, lo cual no es lo ideal en el cultivo. Sin embargo, 13 productores sí mencionan que es muy importante llevar registros.

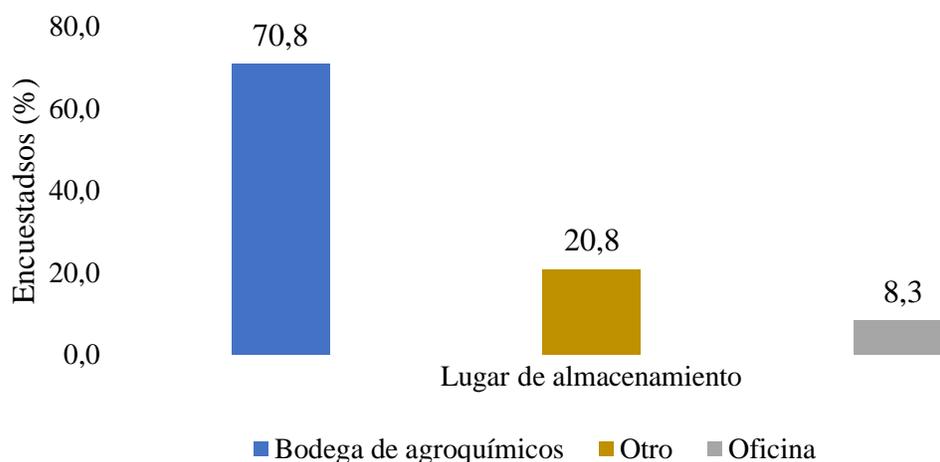
Finalmente, las frecuencias de aplicación varían dependiendo de las actividades que realicen, pero 23 productores indican que aplican de dos a seis veces por año, es decir, cada 45 a 60 días.

6.1.3 Medidas de seguridad

Las medidas de seguridad en las actividades agrícolas son importantes para salvaguardar la integridad de todas las personas que laboran dentro de la finca. Es por esto que se les consultó respecto a este tema con el fin de determinar si conocen las medidas que deben utilizar en sus fincas.

Inicialmente en esta sección se les consultó acerca de dónde almacenan los plaguicidas, considerando varios lugares como una oficina, bodega para agroquímicos o bodega de semilla, o la opción de indicar otro lugar. Las respuestas se muestran en la Figura 17:

Figura 17. Lugares de almacenamiento de plaguicidas.



En la Figura 17, se observa que la mayoría almacena los productos en una bodega para agroquímicos, dos productores indican que los guardan en la oficina, mientras que los otros cinco productores mencionan que guardan todo en una bodega multiuso, o bien, compran lo que necesitan y gastan el mismo día.

Con relación a la pregunta anterior, es lógico pensar que guardan solo los agroquímicos en la bodega para ese tipo de productos, para lo que la mayoría respondió de forma positiva en un 88 %.

Un aspecto importante es la forma en la que tratan a los envases después de realizar la aplicación de agroquímicos, a lo que respondieron que los lavan, guardan y reutilizan; mientras algunos realizan el proceso de lavado y los botan o esperan que pase el camión de basura. También, los depositan en bolsas plásticas y los entierran, y otros indican que los recoge la cooperativa.

Lo anterior es un tema de capacitación y de generar conciencia sobre el tema de la recolección y hacer una buena disposición de los envases de agroquímicos.

Al tratarse de producción convencional, se esperaría que los productores utilicen el equipo de protección personal (EPP), por lo que se les consultó acerca del uso de cada componente de dicho equipo. La información recolectada se puede observar en el siguiente cuadro:

Cuadro 6. Uso y frecuencia de equipo de protección personal de productores.

Equipo	Uso		Frecuencia		
	Lo utiliza	No lo utiliza	Siempre	A veces	Nunca
Sombrero	19	3	16	3	3
Guantes	15	7	11	4	7
Respirador	9	13	6	3	13
Mascarilla	16	6	11	5	6
Gafas	12	10	6	6	10
Camisa manga larga	17	5	14	3	5
Pantalón largo	20	2	17	3	2
Delantal	5	17	5	0	17
Botas de hule	19	3	15	4	3

Nota: dos productores respondieron NS/NR

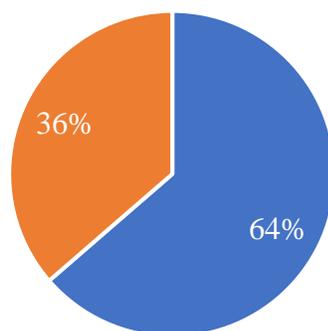
En relación al Cuadro 6, se observa que los productores utilizan en la mayoría de las veces sombrero, guantes, mascarilla, camisa manga larga, pantalón largo y botas de hule. Por otro lado, lo que menos utilizan es el delantal, gafas y respirador al momento de aplicación de agroquímicos, lo cual puede deberse a que les estorba y nos les gusta, por ejemplo, usar las gafas, ya que dicen que se les empañan.

6.1.4 Manejo del suelo

En cuanto al manejo del suelo se realizaron cuatro preguntas relacionadas con la fertilización, prácticas de conservación de suelos y manejos de restos de poda. A continuación, se muestran los resultados.

Se consultó si se han tomado muestras de suelo para análisis de laboratorio para conocer si los productores se encuentran al pendiente de la aplicación de fertilizantes basados en esa información.

Figura 18. Toma de muestras de suelo de las fincas.



- Se han tomado muestras de suelo
- No se han tomado muestras de suelo

Relacionado con lo anterior, se consultó si guarda los análisis de suelo: 11 productores indicaron que guardan los análisis de suelo y 14 que los utilizan para realizar los programas de fertilización. Los productores coinciden en que las recomendaciones de fertilización las realiza en la mayoría de las veces personal de la cooperativa; algunos mencionan también al MAG y al Icafé.

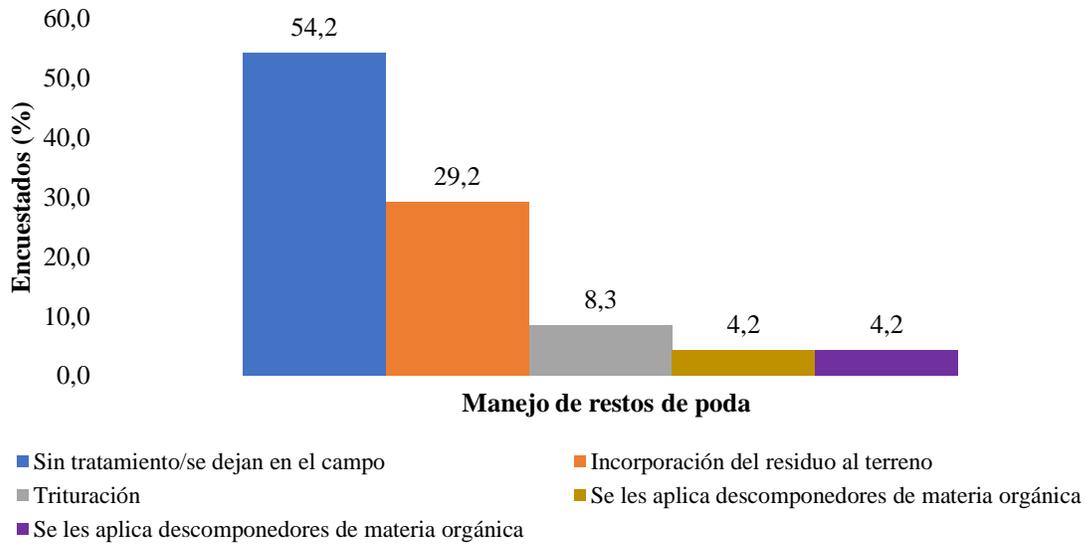
En cuanto a las prácticas de conservación se les consultó por distintas formas de aplicar estas prácticas que se muestran en el siguiente cuadro:

Cuadro 7. Prácticas de conservación de suelos.

Práctica de conservación	Conoce	No conoce	Usa en la finca	No usa en la finca
Siembra y construcción de drenajes en contorno	12	8	6	12
Tratamiento de rastrojos para su incorporación al suelo	14	6	13	7
Construcción de gavetas en los drenajes	12	8	7	12
Barreras vivas	15	5	11	9
Cortinas rompevientos	16	4	9	10
Lagunas de sedimentación o infiltración	8	12	1	18
Coberturas en los taludes	12	8	6	12

En el Cuadro 7 se observa que los productores tienen conocimiento sobre las distintas prácticas de conservación, sin embargo, sólo unos aplican algunas. Entre ellas se encuentran el tratamiento de rastrojos para la incorporación al suelo (13 productores lo realizan al momento de realizar la poda) y las barreras vivas (11 personas las utilizan para evitar deslizamientos, la entrada de insectos al cultivo y como rompevientos). La mayoría indica que no conocen las lagunas de sedimentación y que no las utilizan.

El manejo de los restos de poda y poda de árboles de sombra fue otra de las preguntas que se realizó, los resultados se observan en la siguiente figura:

Figura 19. Tipos de manejo de los restos de poda.

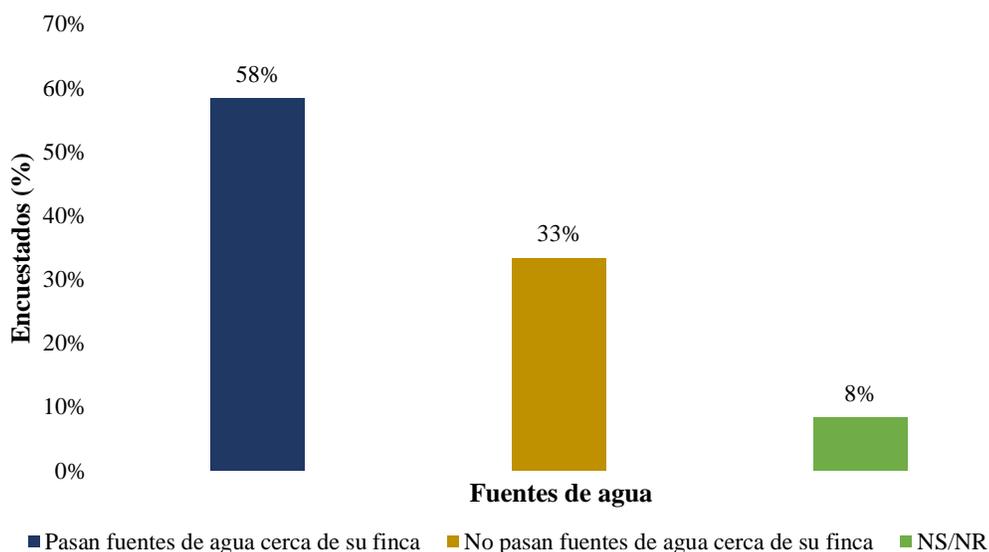
La mayoría de productores indicó que los deja sin tratamiento y se dejan en el cultivo en las entrecalles; algunos indican que los incorporan al suelo y que los trituran, mientras que un productor menciona que le aplica descomponedores orgánicos y solo un productor aplica quema física de los residuos de poda.

6.1.5 Manejo de aguas

En este apartado se preguntó acerca de las fuentes de agua que pasan cerca de la finca, si se han realizado análisis de laboratorio sobre la calidad de agua de ríos y quebradas, si tienen conocimiento o recuerdan si hubo presencia de plaguicidas en el agua, y conocer de dónde proviene el agua que utilizan para la actividad productiva.

A la primera pregunta, como se mencionó, se consultó acerca de si pasan ríos o quebradas en la finca.

Figura 20. Fuentes de agua cercanas a la finca.

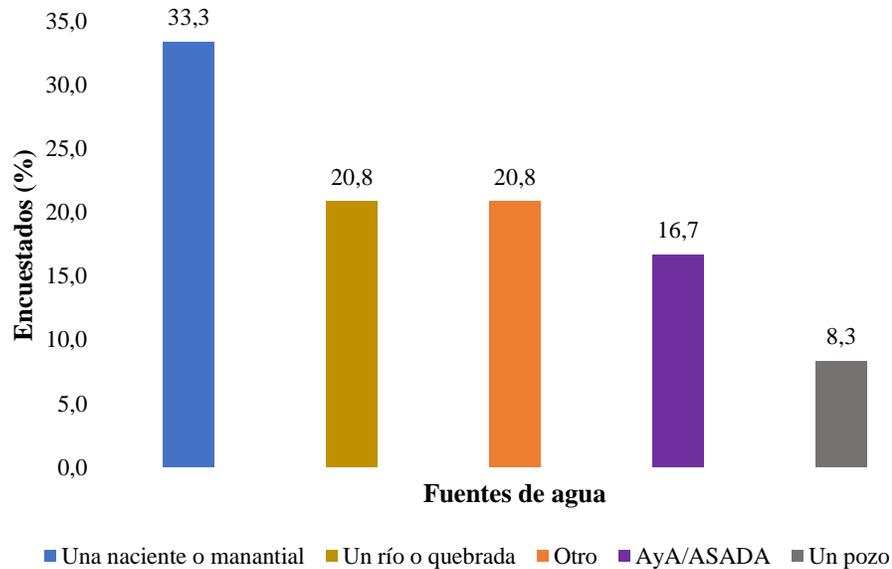


En la Figura 20 podemos observar que en 58,0 % fincas existen fuentes de agua cercanas, las cuales podrían estar en riesgo de ser alcanzadas por plaguicidas, de forma directa o subterránea. Dentro de las fuentes de agua mencionadas se encuentran el río Quebradas afluente del río Tárcoles, quebrada San Isidro y quebrada Chilamate.

En cuanto al análisis de aguas, solo dos productores afirman que han realizado análisis de las fuentes que pasan cerca de la finca, pero no recuerdan cuáles fueron los resultados.

Finalmente, los productores mencionaron de dónde proviene el agua que utilizan para realizar las aplicaciones de agroquímicos y lavado y demás actividades de la finca, lo cual se puede apreciar en el siguiente gráfico:

Figura 21. Fuentes de agua para las actividades agrícolas.



En la Figura 21 se puede observar que el 62,5% de los productores utilizan agua de fuentes directas como nacientes, ríos o pozos, lo que hace que las mismas fuentes puedan llegar a ser afectadas dependiendo de la cantidad de fincas por las que han pasado. Mientras tanto, cinco productores indican cosechar agua en estañones porque no cuentan con fuentes de agua cerca o disponibles, y sólo cuatro productores poseen agua de alguna ASADA o acueducto.

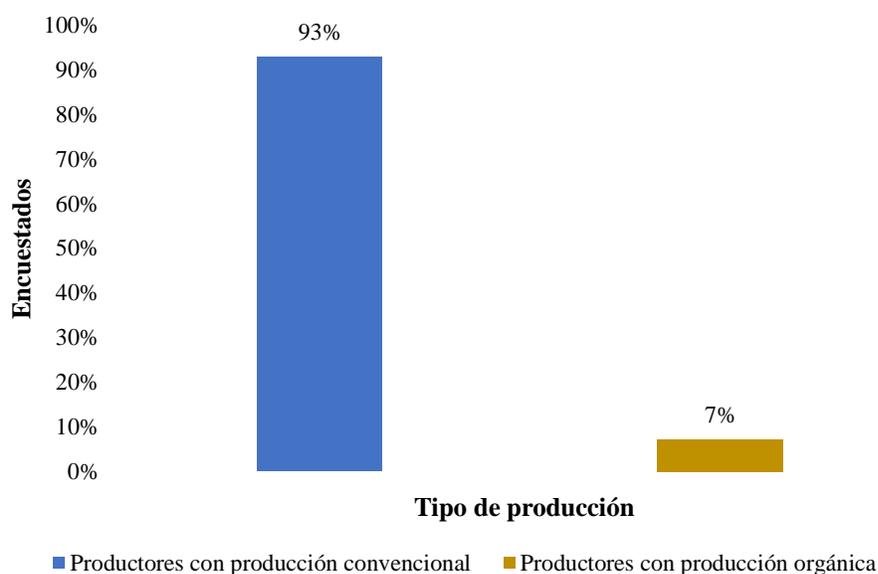
6.2 Resultados y discusión de las encuestadas realizadas en Naranjo

6.2.1 Información general productores de Naranjo

Con respecto a las encuestas a los productores de Naranjo, como se mencionó anteriormente, se realizó el muestreo para saber la cantidad que se debían encuestar, en este caso 63 productores, sin embargo, la cantidad fue mucho menor, debido a las razones antes expuestas. Por lo tanto, se llegaron a encuestar 14 productores, mediante visitas al almacén de suministros de Coopronaranjo y a sus casas.

Según el orden de la encuesta, se preguntó sobre el tipo de producción si es convencional, orgánica u otra. Los productores de Naranjo encuestados indicaron lo siguiente:

Figura 22. Tipo de producción de los productores de café de Naranjo.



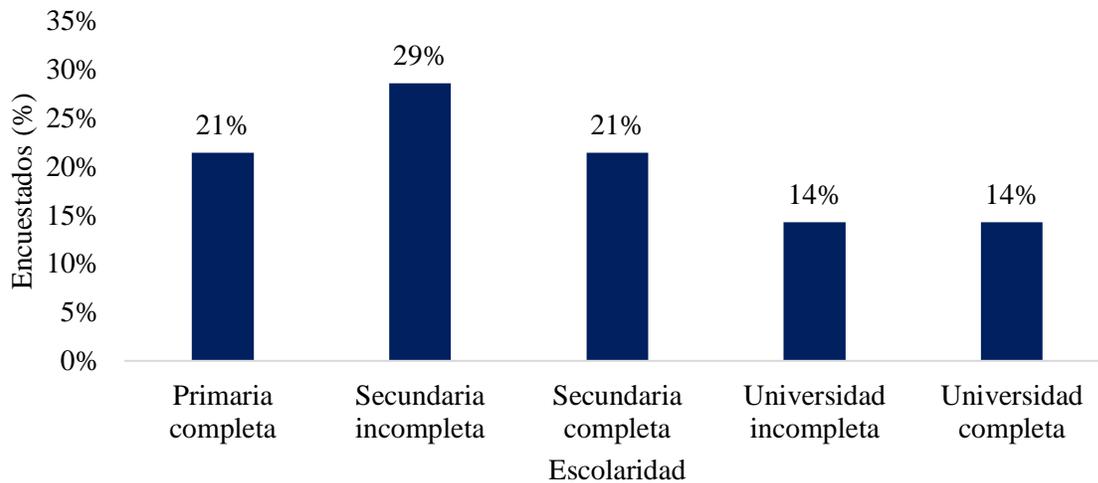
Como se observa en la Figura 22, la mayoría de los productores encuestados mantienen una producción convencional, por lo que también es importante la implementación de los biobeds en esta zona.

El área total promedio de producción es de 9,71 hectáreas, donde el área promedio en producción convencional es de 8,60 hectáreas y el área de producción orgánica es de 2,5 hectáreas. Además, el 100 % de los productores son los dueños de sus fincas.

La edad promedio es de 59 años. En este caso, el 100 % de los encuestados son hombres.

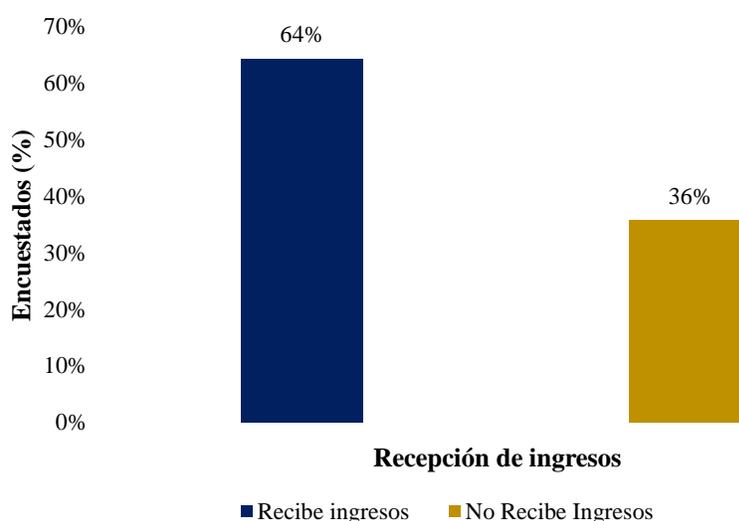
El nivel de escolaridad de los encuestados se muestra en el siguiente gráfico:

Figura 23. Nivel de escolaridad de los productores encuestados de Naranjo.



En cuanto a la pregunta de la existencia de ingenieros agrónomos trabajando en la finca, sólo uno de los productores menciona que cuenta con ingeniero, ya que es él mismo trabajando en su finca, además, es uno de los que posee universidad completa en el nivel de escolaridad. Los demás productores, incluso el productor que es ingeniero agrónomo, recibe visitas por parte del ingeniero agrónomo de Coopronaranjo por estar asociado a la cooperativa.

Se consultó sobre si reciben ingresos de otras actividades, y las respuestas se muestran en la Figura 24:

Figura 24. Ingresos adicionales por otras actividades.

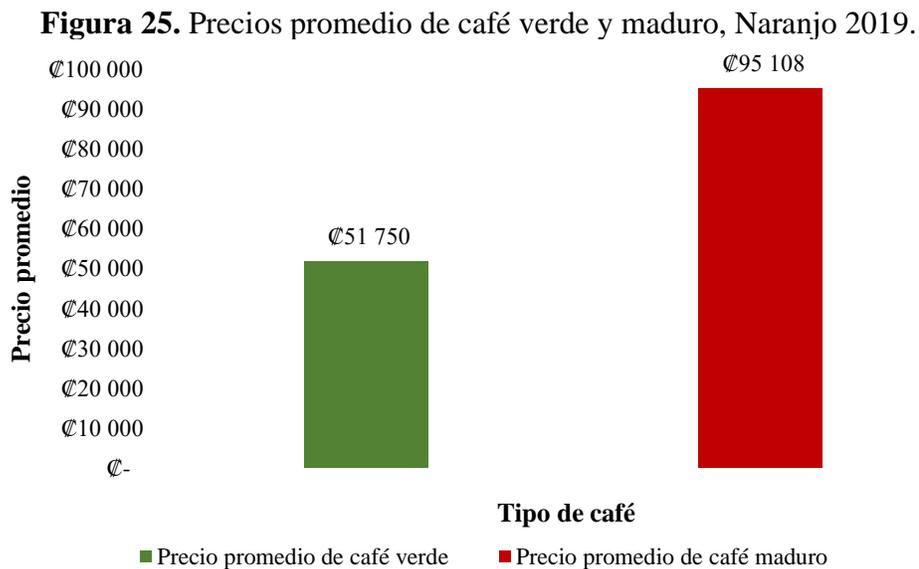
Nueve productores mencionan que reciben otros ingresos por actividades complementarias, como las siguientes: alquileres; puesto de oficial de seguridad privada; producción de otros productos como aguacate, duraznos y anonas; dueño de supermercado; conductor de maquinaria pesada; pensión; propietario de panadería; productor de leche; y propietario de una compañía de avalúos.

Además, los productores mencionan que en promedio trabajan tres personas fijas en tiempos donde no hay cosecha. Siete productores indican que cuentan con mano de obra familiar, entre los cuales se encuentran hermanos, hermanas, esposas, cuñados, cuñadas, hijos e hijas, y recalcan que todos son mayores de edad, que algunos de sus hijos se encuentran estudiando en universidades, y cuando pueden los apoyan en los trabajos en el cultivo. De los siete productores que mencionaron que cuentan con mano de obra familiar, solo cuatro cuentan con mano de obra familiar fija cuando no hay cosecha. Se paga un costo promedio por jornal de 9.600 colones.

Los productores en promedio tienen 56 años en la actividad productiva de café, siendo que se han dedicado casi que toda su vida a la producción de café, incluso como se menciona, incluyen sus hijos dentro de las actividades cuando se puede.

Como es de esperar y se mencionó en cuanto a la asesoría que reciben de la cooperativa, el 100 % de los productores se encuentran asociados a Coopronaranjo.

El promedio de fanegas cosechadas es de 135,5, las cuales fueron vendidas a la cooperativa en su totalidad. Los precios promedio de café verde y café maduro indicado por los productores se muestran en la Figura 25:



Los precios promedio indicados en la Figura 25, fueron aquellos pagados a los productores luego de la entrega de las fanegas a la cooperativa. Además, los productores indican que exportan por medio de la cooperativa, lo cual les facilita todo el proceso de beneficiado y de exportación, así como la comercialización en el extranjero y a nivel nacional. El 50 % de los encuestados indican que se encuentran bajo la certificación Triple A de Nespresso (Nespresso, 2021).

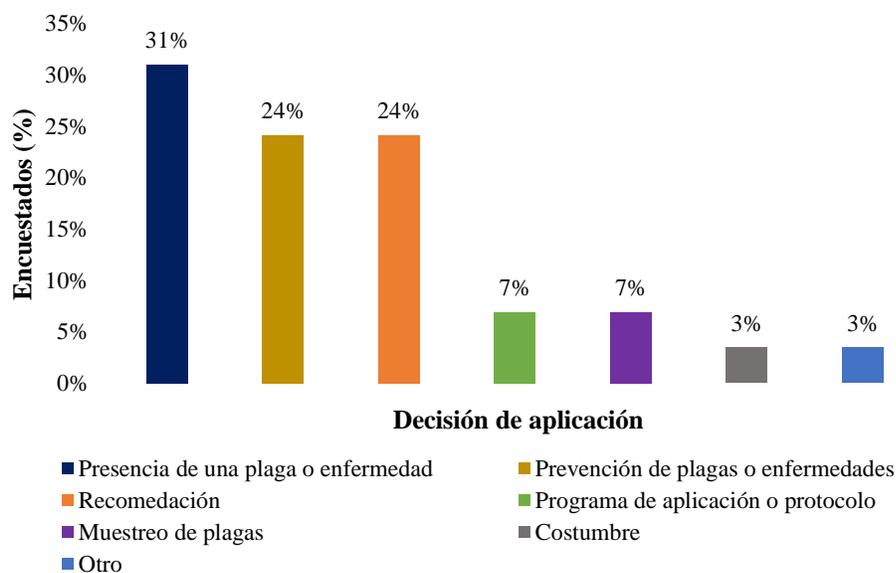
6.2.2 Conocimientos técnicos del cultivo

En cuanto a los conocimientos técnicos, se consultó inicialmente por las enfermedades y plagas, a lo cual los productores reportan las mismas que en Palmare: Roya (*Hemileia vastatrix*), Ojo de gallo (*Mycena Citricolor*), Antracnosis (*Colletotrichum spp*), Cercospora

(*Cercospora coffeicola*), Derrite del cafeto (*Phoma costarricensis*). Además, se encuentran plagas como Jobotos (*Phyllophaga spp.*), Cochinilla (*Hemiptera: Pseudococcidae*) y Nemátodos (*Nematoda*). Al igual que como sus contrapartes de Palmares, los productores deben hacer uso de plaguicidas para prevenir o atacar a las enfermedades y plagas que se les presentan en el cultivo. Por la cercanía de Naranjo con Palmares, los productores utilizan agroquímicos iguales o similares, como: Opera (piraclostrobina + epoxiconazol), Esfera (cyproconazole + trifloxystrobin), Opus (epoxiconazole), Atemi (cyproconazole), Soprano (epoxiconazole + carbendazina), Amistar (azoxistrobina); agroquímicos para el control de hierbas como Gramoxone (paraquat) y Round up (glifosato); y agroquímicos foliares como boro, calcio, potasio, zinc, magnesio, multiminerales y coadyuvantes.

Los productores deciden aplicar agroquímicos por diversas razones; tal cual se muestra en la Figura 26:

Figura 26. Decisión de aplicación de plaguicidas productores de Naranjo.

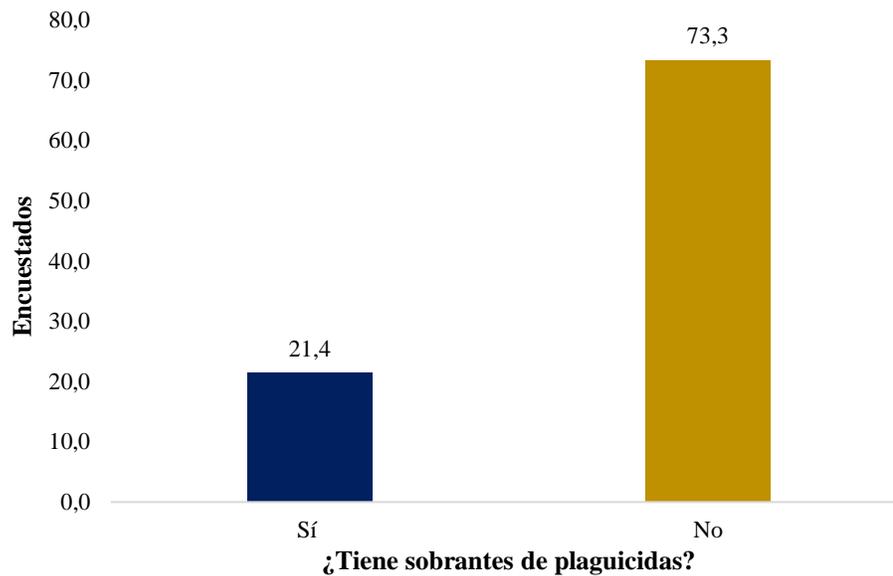


En la Figura 26, se observa que la mayoría de los productores basan sus decisiones de aplicación ante la presencia de alguna plaga o enfermedad, seguido de la prevención. Según comentaron en la encuesta es porque no quieren que se expanda de manera muy brusca y amplia, tanto que afecte de manera generalizada al cultivo, lo cual ocasiona que deban aplicar

muchos más agroquímicos, que les sale más costoso. En conjunto con lo anterior, esperan, además, las recomendaciones de los ingenieros agrónomos que los visitan.

En relación con las aplicaciones de plaguicidas se hizo la pregunta sobre los residuos de mezcla aplicada.

Figura 27. ¿Le sobra mezcla de plaguicidas?

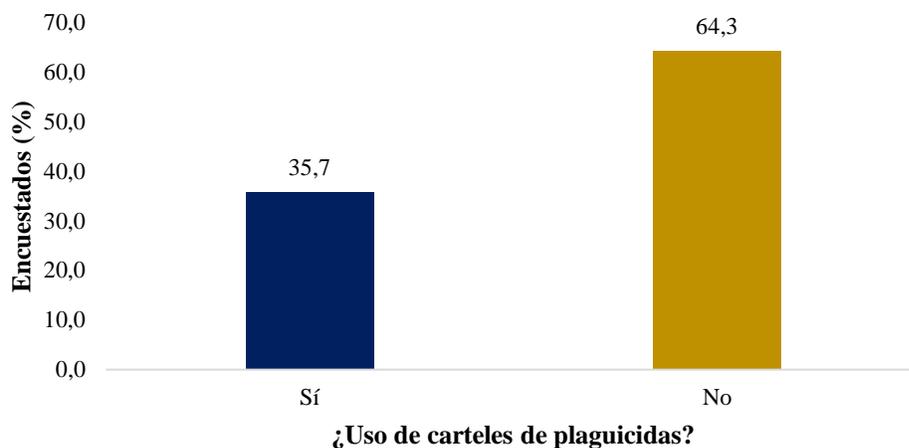


Solo tres productores indican que les sobra mezcla, de los cuales dos mencionan que el sobrante lo aplican a la finca de café vecina con aprobación del dueño (sin saber si es necesario aplicar ese sobrante), y un productor deposita el sobrante en un tanque que luego descarga a un drenaje. El 73,3 % de los productores a los que no les sobra mezcla de plaguicida luego de la aplicación, afirman que el costo de los insumos es muy elevado como para estar botando los residuos.

Todo lo anterior es importante para tomar en cuenta la implementación y expansión de los biobeds, con el fin de evitar que los residuos sean descartados de forma inadecuada.

Se consultó sobre el uso de carteles de advertencia por aplicación reciente de plaguicidas a lo que los encuestados respondieron:

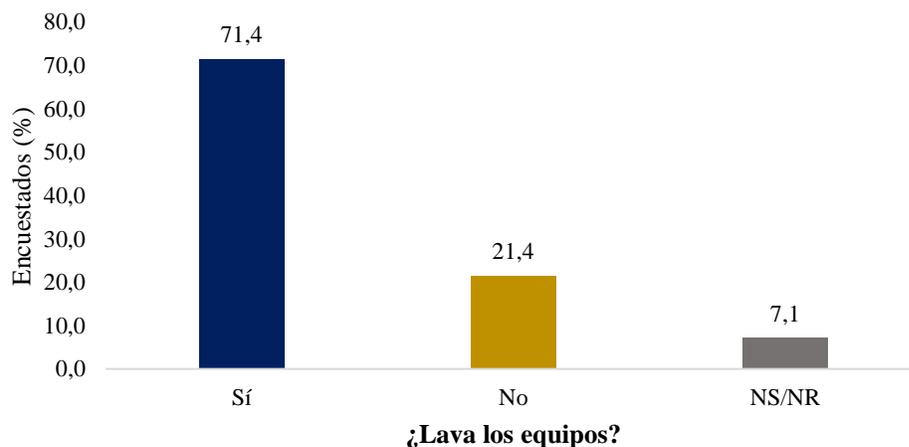
Figura 28. Utiliza carteles de aplicación de plaguicidas en la finca.



Según la Figura 28, solo el 35,7% de los productores indican que colocan carteles de advertencia por aplicación de plaguicidas en sus fincas, lo cual podría verse como un tema para posibles capacitaciones de sensibilización acerca de las consecuencias del ingreso a fincas cuando existen los periodos de carencia.

Una vez aplicados los plaguicidas, por lo general, se realiza el lavado del equipo, lo cual se les consultó a los productores

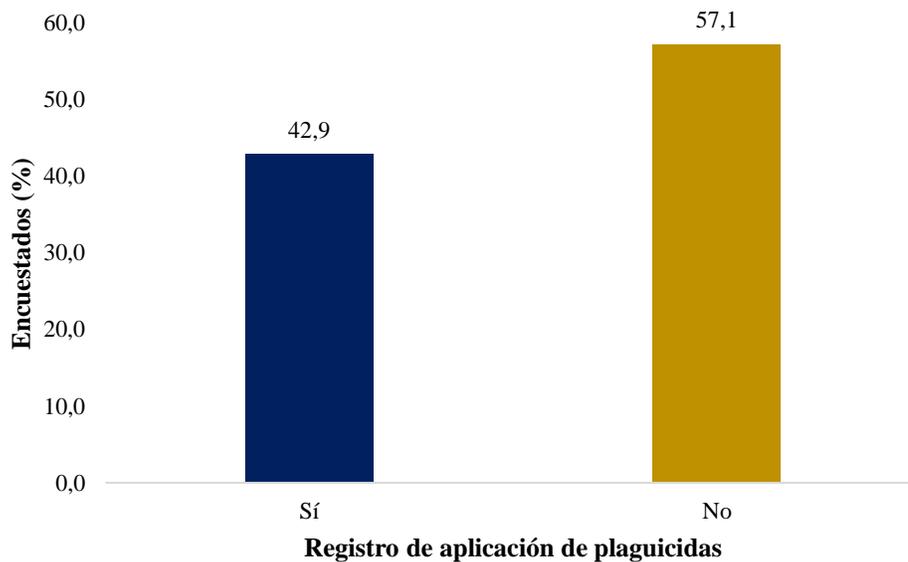
Figura 29. Productores de Naranjo que lavan equipos después de aplicar plaguicidas.



La mayoría de productores lavan sus equipos de aplicación después de utilizarlos, y lo realizan en sus fincas; indican que tienen un espacio para eso, pero que las aguas de lavado son desechadas al suelo. Cuando realizan el lavado, siete productores indican que lavan los equipos sólo con agua, mientras que cinco dijeron que lavan con agua y jabón. De igual forma, se debe generar conciencia sobre las buenas prácticas agrícolas y sobre todo con el manejo de los residuos de plaguicidas y las aguas de lavado, ya que cabe la posibilidad de que estas aguas alcancen fuentes de agua cercanas.

En cuanto a los registros de aplicación de plaguicidas, que son de importancia para poder llevar costos, cantidades de aplicación, para muestreos de suelo y agua, los productores indicaron lo siguiente:

Figura 30. Productores de Naranjo que llevan registros de aplicación de plaguicidas.



Con base a la Figura 30, solamente el 42,9 % de los productores llevan registros de aplicación de plaguicidas, por lo cual se puede decir que existe una deficiencia en cuanto al manejo de registros y de llevarlos al día, lo que al final se puede traducir en mayores costos de producción o desorden a la hora de calcular rendimientos económicos. Sin embargo, el 93% de los productores indican que los registros son importantes para medir efectividad de los productos aplicados, pero aun así la mayoría no los realiza.

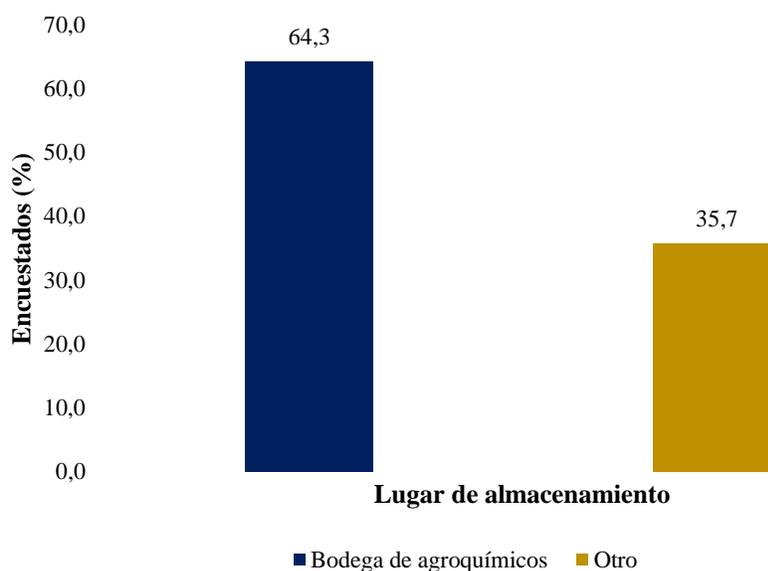
La frecuencia de aplicación, según las respuestas de los productores, es de cada 45 a 60 días, lo cual coincide con lo dicho por el ingeniero agrónomo de Coopronaranjo (Barrantes, 2022).

6.2.3 Medidas de seguridad

Se realizó la consulta a los productores de Naranjo, sobre si aplican medidas de seguridad en el manejo de plaguicidas y sobre el uso de equipo personal.

El almacenamiento de plaguicidas es importante por el hecho de que son productos que pueden provocar algún tipo de daño en su estado puro, por lo que el manejo que se le debe dar es de cuidado. Los productores respondieron lo siguiente:

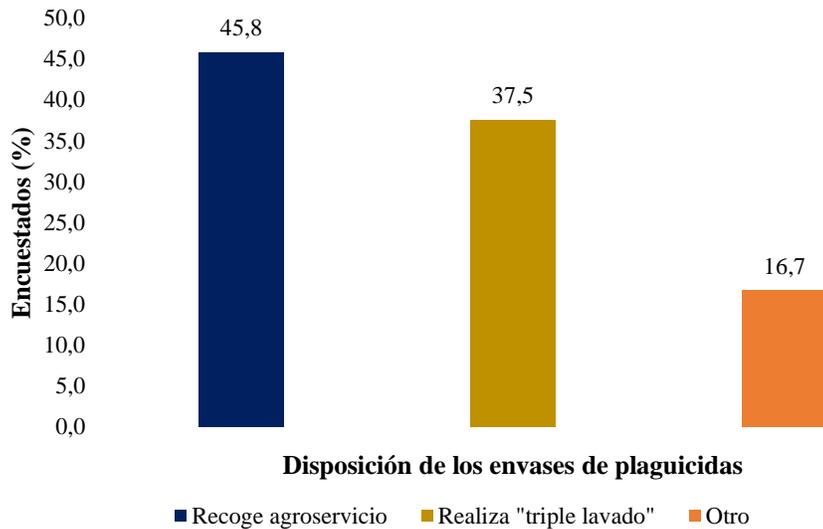
Figura 31. Lugar de almacenamiento de plaguicidas.



Según la Figura 31, el 64,3 % de los productores afirman que almacenan los plaguicidas en una bodega, mientras que el 35,7% de los encuestados restantes indican que compran los productos y los gastan el mismo día, no guardan ni les sobra. Además, del total de los encuestados, el 64,3% indican que almacenan los plaguicidas por separado de animales, alimentos, herramientas, personas, ropa, equipo o combustible.

Con respecto a los envases vacíos de plaguicidas los productores respondieron lo siguiente:

Figura 32. Disposición de envases de plaguicidas.



Del total de productos encuestados, el 45,8% indica que los recoge el agroservicio donde compran sus insumos. De igual manera, el 37,5% señala que realizan el triple lavado para luego enviar al agroservicio o esperan a que lleguen a recogerlos, mientras que el 16,7% indican que la municipalidad los recoge.

La siguiente pregunta corresponde al uso de equipo de protección (EPP) a la hora de aplicación de plaguicidas, su uso y frecuencia. Las respuestas se muestran en el siguiente cuadro:

Cuadro 8. *Uso y frecuencia de equipo de protección.*

Elementos del EPP	Uso		Frecuencia		
	Lo utiliza	No lo utiliza	Siempre	A veces	Nunca
Sombrero	14	0	14	0	0
Guantes	12	2	11	1	2
Respirador	9	5	6	3	5
Mascarilla	10	4	7	3	4
Gafas	7	7	6	1	7
Camisa manga larga	14	0	10	4	0
Pantalón largo	14	0	14	0	0
Delantal	8	6	7	1	6
Botas de hule	14	0	13	1	0

En el Cuadro 8 se observa que los productores utilizan la mayoría de los implementos a la hora de aplicar plaguicidas, sin embargo, hay algunos que se utilizan en menor medida, como el delantal, las gafas y el respirador. Las gafas es uno de los implementos que presentan una baja en su uso y puede ser equiparable en importancia a la mascarilla, a la hora de aplicar plaguicidas, pues el viento puede hacer que gotas de la mezcla de plaguicidas pueda caer en los ojos, provocando lesiones.

6.2.4 Manejo de suelo

Comenzando el análisis, se consultó acerca del muestreo del suelo de las fincas, a lo que 13 productores respondieron que sí lo han hecho con el fin de ser analizadas en el laboratorio y así determinar cuál sería la cantidad necesaria de enmienda o fertilización que se debe aplicar. Además, solo 12 productores guardan los análisis de suelo y los utilizan para establecer el programa de fertilización.

En cuanto al conocimiento y uso de práctica de conservación de suelos, se realizó consulta a los productores aplican alguna, para lo cual se elaboró el siguiente cuadro:

Cuadro 9. Prácticas de conservación de suelo.

Práctica de conservación	Conoce	No conoce	Usa en la finca	No usa en la finca
Siembra y construcción de drenajes en contorno	13	1	7	7
Tratamiento de rastrojos para su incorporación al suelo	13	1	13	1
Construcción de gavetas en los drenajes	13	1	9	5
Barreras vivas	13	1	10	4
Cortinas rompevientos	14	0	8	6
Lagunas de sedimentación o infiltración	11	3	1	13
Coberturas en los taludes	13	1	7	7

Como se observa en el Cuadro 9, la mayoría conoce todas las prácticas de conservación, solo tres no saben que es una laguna de sedimentación y es la que menos usan, y hay 13 productores que no la utilizan. Las demás prácticas son utilizadas al menos por el 50 % de los productores.

Una de las prácticas de conservación que por lo general es una de las más comunes y culturales del cultivo de café, es el tratamiento de rastrojos que se da posterior a la realización de la poda del cultivo de café y que los mismos se incorporan al suelo; el 100% de los productores indicó que realizan su incorporación al suelo.

6.2.5 Manejo de aguas

En cuanto al manejo de aguas, que es de suma importancia y sobre todo para la justificación de la implementación de los biobeds, se hizo la consulta sobre si pasan ríos o quebradas o alguna fuente de agua por la finca o cerca de ella, así como si han realizado análisis de laboratorio, si se han encontrado plaguicidas y de donde proviene el agua que utilizan para las actividades de la finca.

Del total de productos encuestados, el 85,7% de ellos indican que sí pasan fuentes de agua cerca de su finca, lo cual hace que sea importante mejorar las prácticas agrícolas procurando la no contaminación de estas fuentes. Algunos productores dijeron los nombres de las fuentes cercanas, las cuales son: Riachuelo de Desamparados, Quebrada Ulate, Río Ulate, Río Colorado, Quebrada Pilitas, Río Cocora, Quebrada Bagazo y San Ramón, Río Grande de Tárcoles y Río Sifón. Cuatro del total de los productores han realizado análisis de aguas, pero solo dos indicaron que los análisis salieron muy bien y que el Ministerio de Salud indicó que el agua del río cercano es potable, pero que “no se animarían a tomarla”. (*Encuesta a productores, 2019*)

Por último, el 93% de los productores indicaron que cuentan con agua de acueductos o ASADAS, mientras que otros mencionan que también poseen agua de pozos que perforan y de ríos o quebradas que pasan por sus fincas.

6.2.6 Análisis de costos de producción

Dentro del análisis económico se planteó la construcción de una estructura de costos por hectárea de producción del cultivo de café, en el cual se incluye por sección de los costos de mano de obra, insumos y costos indirectos. Para esto se contó con el apoyo de productores y de los ingenieros agrónomos Jesús Mora y Marco Barrantes de las cooperativas con las cuales se trabajó.

La construcción se realizó a inicios del año 2022, consultando además a los almacenes de suministros de CoopePalmares y de CooproNaranjo, para realizar un promedio de costos de los insumos para la producción de café. Además, se contó con el apoyo de la ingeniera agrónoma Licda. Mayela Monge para la validación y revisión de la estructura de costos de café, como experta además en el cultivo.

6.3 Aplicación del Valor Actual de los Costos para los biobeds

Para la aplicación del Valor Actual de los Costos se utilizó la metodología para el análisis de costos del “Manual técnico para la implementación de energía renovable en la agroindustria del Centro de Investigación en Electroquímica y Energía Química” (Quirós et al., 2014), del cual se utilizó la variable “valor actual de los costos (VAC)”.

En el caso del cálculo del VAC del proyecto, para la implementación de los biobeds, se utilizaron los costos de los materiales para construir los biobeds y los de mantenimiento, tanto para cuando no se encuentran en uso como para cuando se necesita reponer biomezcla al año de uso, pues al contener microorganismos vivos estos irán consumiendo el material lignocelulósico (Chin-Pampillo et al., 2015). Esto se calculó de la siguiente forma:

“Utilizando el flujo de costos, lo que facilita comparar la oportunidad que ofrece el mercado de realizar la inversión que se requiere por el proyecto, en relación con otros proyectos. En este sentido, nos permite establecer un orden de prioridad de inversiones, con el propósito de reflejar rentabilidad social del proyecto. Consiste

en calcular el valor actual de los costos totales del proyecto utilizando la tasa social de descuento” (MIDEPLAN, 2011, p. 16).

Además, la siguiente fórmula se utilizó para determinar el valor actual de los costos:

$$VAC = \sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+r)^d} + I_0 \quad (ec.1)$$

Donde:

C_t = costo total del proyecto

t = años correspondientes a la vida del proyecto, que varía entre 0 y n

0 = año inicial del proyecto, en el cual comienza la fase de inversión

d = tasa social de descuento

I = Inversión inicial

Fuente: Quirós et al., 2014, pp. 119-120

Como se mencionó anteriormente, se calcula utilizando un flujo de costos anual, por lo que se calcularon todos los costos de forma anual que involucra el mantenimiento del biobed.

Para la puesta en marcha del proyecto se utilizaron dos configuraciones de biobeds en cuanto a su tamaño: un estañón de 200 L y una tanqueta de 1000 L. Se realizó la cotización de materiales en Hidroplant, la cual es una suplidora de materiales para riego de cultivos; una empresa llamada Estañones Ramón de la cual se obtuvieron los estañones y tanqueta necesarios para la implementación de los biobeds dispuestos en el proyecto; y el compost de CoopePalmares.

Los costos de cada uno se muestran en los siguientes cuadros:

Cuadro 10. Materiales para construir un biobed de 200 L, a noviembre de 2021

Producto	Proporción	Medida	Cantidad	Costo	IVA 13%	Costo IVA
Estañón	1	Unidad	1	₡ 18 000	₡ 2 340	₡ 20 340
Fibra de coco	81,70%	Bloque	2,65	₡ 4 391	₡ 571	₡ 13 149
Compost	11%	kg	17,6	₡ 56	₡ 7	₡ 1 114
Tierra	7,30%	kg	11,68	₡ -	₡ -	₡ -
Llave de salida	1	Unidad	1	₡ 2 250	₡ 293	₡ 2 543
Mano de obra	1	Hora	1	₡ 1 500	₡ -	₡ 1 500
Agua	1	litros	66,25	₡ 1,62	₡ -	₡ 107
Costo transporte	1	km	20	₡ 52	₡ -	₡ 1 040
Total						₡ 39 792

El biobed de 200 L se muestra en la siguiente figura:

Figura 33. Biobed de 200 L.

Fuente: Fotografía propiedad del CICA.



Como se mencionó anteriormente, se deben contemplar los costos de mantenimiento anual del biobed para poder calcular el VAC, los cuales se aprecian en el Cuadro 11:

Cuadro 11. Costos anuales de mantenimiento de biobed de 200 L.

Material	Medida	Cantidad	Costo Unitario	IVA 13%	Costo total
Fibra de coco	Bloque	0,314	₡ 4 391	₡ 570,83	₡ 1 559
Compost	kg	2,42	₡ 56	₡ 7,28	₡ 136
Tierra	kg	1,606	₡ -	₡ -	₡ -
Mano de obra	Horas	3	₡ 1 500,00	₡ -	₡ 4 500
Agua	L	299,4571429	₡ 1,62	₡ -	₡ 485
Costo transporte	km	20	₡ 52,00	₡ -	₡ 1 040
Total					₡ 7 720

Comenzando por el rubro de agua, se necesitan 300 L anuales aproximadamente para mantener húmedo el SBP en los periodos en los que no se utiliza para el desecho de residuos de plaguicidas. Para esto se consideraron 36 semanas en las que no se utilizará aproximadamente, suponiendo que se realicen seis aplicaciones de plaguicidas con una duración de una a dos semanas por aplicación, dependiendo del área de aplicación y si no se dan mayores problemas con plagas o enfermedades (Mora, 2022).

La mano de obra se estimó en la cantidad de tiempo que puede llevar a un colaborador en preparar la biomezcla de reposición que se estima en 3 horas al año en mantenimiento, las mismas preparando la biomezcla de reposición al año y luego la colocación de agua, en este caso 5 L por semana, para lo cual se estimó un tiempo de 5 minutos. Además, para el cálculo de la mezcla de reposición se consideró lo mencionado por Martín Elorza (2020, p. 31), quien indica que la mezcla puede hundirse aproximadamente 10 centímetros anuales por el mismo consumo de materia vegetal, por lo que para extender la materia prima se debe reponer la biomezcla calculando dejarla el nivel original. Para el cálculo de la reposición se realizaron las siguientes estimaciones:

Tabla 6. Cálculo de reposición de biomezcla para biobed de 200L.

Rubro	Medida	Cantidad
Diámetro	cm	58,6
Altura al momento de hacer el recambio	cm	62
Volumen inicial	cm	160
Volumen total del estañón	L	200
Volumen actual del biobed 80%	L	160
Volumen estimado luego de un año	L	138
Volumen estimado perdido	L	22
Volumen estimado a reponer	L	22

Para el biobed de 1000 L la lista de materiales es más amplia por la configuración que presenta. Los costos de materiales se muestran a continuación:

Cuadro 12. Materiales para construir un biobed de 1000 L, a noviembre de 2021.

Producto	Medida	Cantidad	Costo	IVAI 13%	Costo IVAI
Estañón 200 l	Unidad	1	₡ 18 000	₡ 2 340	₡ 20 340
Tanqueta de 1000 l	Unidad	1	₡ 50 000	₡ 6 500	₡ 56 500
Fibra de coco	Bloque	13	₡ 4 391	₡ 571	₡ 64 504
Compost	11%	88	₡ 56	₡ 7	₡ 5 569
Tierra	kg	58,4	₡ -	₡ -	₡ -
Válvula acople rápido 1"	unidad	1	₡ 2 250	₡ 293	₡ 2 543
Adaptador rápido macho 1"	unidad	7	₡ 550	₡ 72	₡ 4 351
Niple T/R 1"	unidad	1	₡ 150	₡ 20	₡ 170
Válvula comp. Conector 16 M	unidad	16	₡ 500	₡ 65	₡ 9 040
Tapón Eco 1"	unidad	4	₡ 150	₡ 20	₡ 678
T 90 Rápida 1"	unidad	3	₡ 1 300	₡ 169	₡ 4 407
Unión T/R 1"	unidad	1	₡ 250	₡ 33	₡ 283
Poliducto	Metro	10	₡ 355	₡ 46	₡ 4 012
Mano de obra	Hora hombre	5	₡ 1 500	₡ -	₡ 7 500
Agua	L	325	₡ 1,62	₡ -	₡ 527
Costo transporte	km	20	₡ 52	₡ -	₡ 1 040
				Total	₡ 181 460

El biobed de 1000 L es el que se muestra a continuación:

Figura 34. Biobed de 1000 L instalado.

Fuente: Fotografía propiedad del CICA



Para el biobed de 1000 L en total se necesitan 181.460 colones de inversión inicial. Para el mantenimiento se realizó el cálculo de la mezcla de reposición y se consideró lo mencionado por Martín Elorza (2020, p. 31), para lo cual se realizó el cálculo de la siguiente forma:

Tabla 7. Cálculo de reposición de biomezcla para biobed de 1000L.

Rubro	Medida	Cantidad
Ancho	cm	84
Largo	cm	120
Alto	cm	100
Volumen total	L	1008
Volumen actual del biobed 80 %	L	806,4
Volumen luego de un año	L	705,6
Volumen perdido	L	100,8
Volumen a reponer	L	100,8

Con base a lo anteriormente descrito, se elabora el cuadro para el cálculo de la mezcla de reposición:

Cuadro 13. Cálculo de reposición de biomezcla para biobed de 1000L.

Producto	Medida	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Fibra de coco	Bloque	1,2	₡ 4 479	₡ 5 375
Compost	Kg	11	₡ 57	₡ 628
Tierra	kg	7,3	₡ -	₡ -
Mano de obra	Horas	6	₡ 1 500	₡ 9 000
Agua	L	1398	₡ 1,62	₡ 2 265
Costo transporte	km	20	₡ 52	₡ 1 040
Total				₡ 18 308

Para este biobed se necesitan 1398 L de agua anuales para mantenerlo húmedo en los periodos en los que no se utiliza para el desecho de residuos de plaguicidas. Para esto se consideraron de igual manera, 36 semanas en las que no se utilizará aproximadamente, suponiendo que se realicen seis aplicaciones de plaguicidas con una duración de 2 semanas por aplicación aproximada; pero además, este biobed recibirá mayor carga, ya que según CooproNaranja, que fue la cooperativa que solicitó que se colocara un biobed en su finca, va a recibir los desechos de los residuos de plaguicidas de su finca de producción de café y los residuos que los productores llegan a dejar, por lo que servirá como centro de acopio para el desecho de plaguicidas en desuso (Barrantes, 2022).

La mano de obra se estimó en la cantidad de tiempo que puede llevar a un colaborador en preparar la biomezcla de reposición que se estima en 6 horas, las mismas preparando la biomezcla de reposición al año y luego la colocación de agua, en este caso 36 L por semana, para lo cual se estimó un tiempo de 10 minutos. Además, para el cálculo de la mezcla de reposición se consideró lo mencionado por Martín Elorza (2020, p. 31), donde indica que la mezcla puede hundirse aproximadamente 10 centímetros anuales por el mismo consumo de

materia vegetal por lo que para extender la materia prima se debe reponer la biomezcla calculando dejarla el nivel original.

En cuanto al VAC, se plantea el uso de la tasa social de descuento del MIDEPLAN (2019, p. 33), la cual es del 8,31 %.

Para ambos años, los materiales y la mano de obra son las mismas, lo que puede cambiar es el precio de los materiales para lo cual se utilizó la tasa de inflación proyectada de $3\% \pm 1$ p.p en el Programa Macroeconómico para el año 2022 del Banco Central de Costa Rica (BCCR, 2021, p. 82). Con esto, los costos de los materiales para la reposición para el biobed de 200 L pasan de ₡ 7.720 a ₡ 7.952 aproximadamente, y para el biobed de 1000 L de ₡ 18.308 a ₡ 18.857, aproximadamente. La vida útil según Martín Elorza (2020, p. 31), es de 3 a 5 años; sin embargo, para este trabajo se tomó como referencia la vida útil indicada por Rodríguez (2021), el cual indica que la vida útil de los biobeds es de aproximadamente dos años, para luego realizar el proceso de compostaje. La técnica para compostar la biomezcla contenida en los SBPs después de la vida útil se menciona en el Manual de Uso de Biobeds (2020) donde se indica el siguiente procedimiento según la Universidad de la Frontera (2013, p. 87):

Para compostar la biomezcla, se debe apilar sobre un plástico protegida de la lluvia, debe ser revuelta una vez por semana cuidando que esté siempre con la humedad adecuada. El tiempo de compostaje debe ser de 6 a 12 meses. Posterior a este tiempo, el material compostado puede ser vertido en la parcela en forma segura. (Universidad de la Frontera, 2013, p.87)

A partir de lo anterior, la fórmula para el biobed de 200 L quedaría de la siguiente manera:

$$VAC = \sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+r)^t} + I_0$$

$$VAC = \left[\frac{C_t}{(1+r)^t} + \frac{C_t}{(1+r)^t} + I_0 \right]$$

$$VAC = \left[-39.792 + \frac{-7.720}{(1+0,0831)^1} + \frac{-7.952}{(1+0,0831)^2} \right]$$

$$VAC = \text{€}53.698,47$$

El valor actual de los costos para el biobed de 200 L es de € 53.698,47.

Para el biobed de 1000 L se muestra a continuación, sustituyendo los valores:

$$VAC = \left[-181.460 + \frac{-18.308}{(1+0,0831)^1} + \frac{-18.857}{(1+0,0831)^2} \right]$$

$$VAC = \text{€}217.220,77$$

El siguiente cuadro se resume la información para una mejor comprensión de los resultados:

Cuadro 14. Resumen de resultados del VAC.

Escenario	VAC	Decisión
Escenario 1	€ 53.698,47	Alternativa más conveniente
Escenario 2	€217.220,77	-

Como se puede observar en el Cuadro 14, el escenario 1 es el que posee el menor valor actual de los costos, por tanto, se escoge como la alternativa más conveniente desde un punto de vista económico. Ahora bien, en este caso el valor actual de los costos plantea que la mejor alternativa es la del biobed de 200 L, esto se debe, además, a la cantidad de equipo y materiales que lleva el biobed de 1000 L y que no posee su contraparte más pequeña, por lo

que, con base a lo anterior, se debe contemplar la forma en como están configurados ambos. Se sugiere considerar las condiciones de cada productor y la cantidad de aplicaciones de plaguicidas por cada cultivo para determinar el tipo de biobed que mejor se ajusta a cada finca, cultivo y productor. Por tanto, los productores que fueron seleccionados poseen fincas relativamente pequeñas o están catalogados como productores pequeños y es aquí donde el tipo de biobed a escoger es determinante. En una producción intensiva donde la aplicación de plaguicidas pueda ser mayor y exista un área de cultivo más grande se podría valorar la colocación de un biobed de 1000 L.

6.4 Estructura de costos de producción de café para productores de Palmares y Naranjo

Según lo planteado en el presente trabajo, se realizó una estructura de costos por hectárea con el fin de evaluar y relacionar el aumento que puede la inversión de implementar el biobed en las fincas de producción de café. La estructura se realizó consultando a los agricultores participantes de la implementación de los biobeds y a los ingenieros agrónomos de cada cooperativa, el Ing. Jesús Mora de CoopePalmares y el Ing., Marco Barrantes de CooproNaranjo. Para esto se consultó sobre todas las actividades de mano de obra (ver Anexo 5), que se realizan en el cultivo de café durante el año y las respectivas horas que conlleva cada labor, además se le suman las cargas sociales respectivas, dando para este rubro un total de 490.002 colones. Posteriormente se realizó el costeo de los insumos donde, según los ingenieros y agricultores, el recambio puede ser del 2 % anual, es decir, del total del cultivo se hace una resiembra de 80 plantas por hectárea; se agregaron los insumos necesarios para la producción, entre ellos plaguicidas como fungicidas, insecticidas, foliares, herbicidas fertilizantes y las cantidades respectivas basado en las recomendaciones de los ingenieros. Además, cabe resaltar que este es el escenario de producción donde no existen aumentos de plagas y enfermedades, sino un escenario donde se realiza la prevención de los aumentos descontrolados. El total de insumos es de 1.102.998 colones (ver Anexo 5).

Para el caso de la cosecha se realizan tres momentos de cosecha: granea, centros y repela, para lo cual el monto destinado a mano de obra por cosecha es de 667.200 colones, pagando la cajuela en 1.200 colones aproximadamente.

En cuanto a los costos indirectos, se contempló el uso de agua por la cantidad de aplicación que se realiza, para lo cual se estimó en 5 m³ y el costo de transporte se estimó en 1.848 colones por fanega transporta. Un pick up tipo Toyota Land Cruiser con cajón de madera, según datos de uno de los productores, puede transportar 125 cajuelas, que equivalen a 6,25 fanegas a granel, esto quiere decir que el café no se transporta en sacos, si no que se apila en el cajón del vehículo, por lo que el productor debe realizar cinco viajes (aproximadamente) para entregar la producción estimada en esta estructura de costos, la cual es de 27,5 fanegas. Si recorre 40 km en total y sabiendo que el rendimiento de un vehículo de estos puede realizar aproximadamente 11,9 km por L, gastaría un total de 3,5 litros de Diesel, que equivalen a 2.053 colones (al precio de febrero 2022, de 611 colones por litro de Diesel). El costo de transporte suma entonces un total de 50.820 colones y los costos indirectos serían de 58.922 colones.

Para finalizar, los costos de producción de una hectárea de café utilizando datos promedios de mano de obra e insumos de las zonas de Naranjo y Palmares, da para un total de ₡2.319.123, con un estimado por cajuela de ₡4.171 y por fanega de ₡83.422. Con esto, en un año de producción normal, si se contempla el costo de construir un biobed, el cual es de ₡39.792 más los costos de mantenimiento al año 1 de ₡7.720, el costo de producción por fanega tendría un incremento de ₡1,709, para un total de ₡85,131 por fanega, lo cual con los beneficios esperados como el obtener o mantener de una certificación que necesita de mejoras continuas en la producción y una mejora de precios del café en fruta pagado al productor, eventualmente podrían ser más altos que el costo de implementar un biobed.

Se puede concluir que los beneficios esperados como el obtener o mantener de una certificación que necesita de mejoras continuas en la producción y una mejora de precios del café en fruta pagado al productor, eventualmente podrían ser más altos que el costo de implementar un biobed.

CAPÍTULO 7. Implementación de los biobeds con la biomezcla optimizada en fincas cafetaleras seleccionadas

La siguiente etapa del proceso fue la implementación de los biobeds en fincas cafetaleras de Palmares y Naranjo. La implementación inició el 10 de noviembre de 2021, con previa coordinación con funcionarios de CoopePalmares y CooproNaranjo. En la primera cooperativa se coordinó con el Ing. Agr. Jesús Mora y la gestora ambiental, Licda. Alejandra Castro; mientras que, con la segunda, con el Ing. Agr. Marco Vinicio Barrantes. La implementación finalizó el 18 de enero de 2022.

Para la selección de los productores, se indicó la necesidad de que éstos cumplieran con algunos requisitos que aseguraran la adopción y el uso de los biobeds durante el tiempo restante del proyecto (para su evaluación) y de toda la vida útil del sistema.

Dichos requisitos fueron los siguientes:

a) Interés. El sistema se debía insertar en los planes del productor, enmarcados en una producción más sostenible y amigable con el ambiente, así como mostrar disposición para realizar los muestreos correspondientes, como lo indica el proyecto del CICA:

“La aplicación directa de estos sistemas a escala piloto tiene como intención producir un efecto duradero en las comunidades de la zona, tanto por la subsecuente reducción de la contaminación de aguas y suelos, como por el desarrollo de una producción dentro del marco de las buenas prácticas agrícolas. Esta aplicación tendrá el potencial de ser implementada dentro del sistema productivo nacional” (MICITT, 2017, p. 41).

Además, se menciona lo siguiente:

“Ante la búsqueda de técnicas novedosas de bajo costo y sostenibles para la producción agrícola, los sistemas de biodegradación de plaguicidas se convierten en una necesidad, pues disminuyen el riesgo de que concentraciones peligrosas de contaminantes orgánicos en el agua de lavado de los equipos alcancen el aire, fuentes de agua y el suelo. Estas técnicas al ser de bajo costo y simple mantenimiento, pueden ser de fácil implementación para los pequeños y medianos productores agrícolas” (MICITT, 2017, p. 41).

Adicionalmente, los productores expresaron que están interesados en experimentar con tecnologías nuevas que puedan generarles un beneficio, así como apoyar a instituciones y centros de investigación y educativos para buscar mejoras y soluciones. Lo que además es una ventaja para la implementación, adopción y mantenimiento es la facilidad, el tamaño y lo sencillo de mantener en la finca.

b) Compromiso y responsabilidad. El compromiso y la responsabilidad son necesarios para adoptar, mantener y usar el biobed. Estos fueron identificados por las cooperativas que poseen el conocimiento sobre cuales productores son los más anuentes a probar tecnologías nuevas.

c) Certificaciones. Los productores seleccionados cuentan o buscan una certificación en conjunto con la cooperativa en aras de posicionar su producto en más lugares y países, y buscar una mejora en precios (Barrantes, 2022). En este contexto, se propició el aumento en el interés y la necesidad de aplicar nuevas tecnologías como la que se les planteaba, lo cual garantiza un poco más el uso del biobed en el tiempo.

d) Participación. Se buscó, además, que los productores fueran participantes activos de espacios de nuevos aprendizajes, charlas, capacitaciones, entre otros.

Con base a lo anterior y con ayuda de los ingenieros agrónomos, se logró obtener a los diez productores participantes para la colocación y puesta en marcha de los sistemas de biopurificación.

Los productores seleccionados fueron los siguientes:

Tabla 8. Productores con biobeds implementados por medio del proyecto, 2021

Naranjo	Ubicación	Palmares	Ubicación
Finca 1	San Miguel, Naranjo	Finca 1	Buenos Aires, Palmares
Finca 2	San Miguel, Naranjo	Finca 2	Buenos Aires, Palmares
Finca 3	Chirrí, Naranjo	Finca 3	Zaragoza, Palmares
Finca 4	Naranjo	Finca 4	Zaragoza, Palmares
CooproNaranjo	Volio, San Ramón	Finca 5	Zaragoza, Palmares

En ambos casos, los productores fueron propuestos por la cooperativa como los ideales para adoptar, usar y mantener el sistema, durante y después de que finalice el proyecto, porque ven en los sistemas de biopurificación una mejora continua gracias a la certificación de Rainforest Alliance en conjunto con Nespresso, denominada Programa Nespresso AAA Sustainable Quality™ (Nespresso, 2021).

El CICA colocó nueve sistemas de biopurificación. El décimo biobed fue instalado el martes 18 de enero de 2022, gracias a la colaboración del Ing. Agr. Jesús Mora de CoopePalmares, ya que el día que previamente se fijó para la implementación, por parte del CICA, el productor no se encontraba.

La selección del tamaño de los biobeds se estableció por medio de la consulta a los productores sobre la configuración del biobed más conveniente para ellos en cuanto al manejo y uso que le darán en la finca, a la cantidad de aplicaciones que realizan durante el año y el tamaño de la finca. Según lo conversado con los ingenieros de ambas cooperativas, se realizan entre cuatro y ocho aplicaciones de plaguicidas al año, dependiendo de las diferentes enfermedades y plagas que tenga el cultivo, aplicación de foliares y nutrientes, así como también el control de malezas.

El 90 % de los productores escogieron un biobed de 200 L, y sólo Coopronaranja R.L. solicitó que se colocara un biobed de 1000 L en su finca, para que funcionara como ejemplo para los productores, y para recibir recipientes con contenido vencido de plaguicidas, con el fin de diluirlo y poder verterlo en el biobed, además de que cuentan con finca propia de la cooperativa por lo que el SBP comentaban que les puede funcionar también para la recepción de sus aguas de lavado y residuos de plaguicidas después de aplicar en la finca (Barrantes, 2022).

Figura 35. Biobed de 1000 L colocado en Coopronaranja.

Fuente: Fotografía propiedad del CICA.



7.1 Configuración de los sistemas de biopurificación o biobeds

A los productores se les explicó la configuración óptima de los biobeds, ya que se evaluaron distintas biomezclas en busca de la que mejor puede degradar los agroquímicos que se aplican en café. La investigación fue realizada por el aspirante a la licenciatura en ingeniería agrícola y biosistemas, Fernando Oviedo Matamoros, con su trabajo final de graduación titulado “Diseño de un sistema de biocamas para la eliminación de plaguicidas utilizados en cultivos de café”, y dirigida por el CICA, donde se indica que la biomezcla optimizada para los biobeds a utilizar en Palmares y Naranjo sería la siguiente:

“Para el diseño del sistema de biopurificación se estimó la curva de degradación acumulada de los contaminantes (sumatoria de la concentración de los contaminantes por día) para cada uno de los tratamientos.

Se puede observar que el caso 11:7,3:81,7 (con suelo de la zona, que es suelo extraído de la zona de Palmares) alcanza un valor de $DT_{50} = 7.83$ d, y el caso 11:7,3:81,7 (con el suelo de estudio, que es el suelo con el que se realizó todo el estudio previo del proyecto) un valor de $DT_{50} = 9$ d. Estos resultados son de alta importancia para el cálculo dimensional del sistema debido a que este es el parámetro principal sobre el que se basa el modelo de diseño” (Oviedo, 2022, p.55).

Los materiales, en el orden respectivo de la optimización, según Oviedo (2022), serían: 11 % de compost, 7,3 % de suelo de la finca donde se instala el biobed, y 81,7 % de fibra de coco. Todos los materiales fueron calculados a un 80 % de la capacidad del recipiente que los contiene, esto quiere decir que, si se colocó un estañón de 200 L, los cálculos para cada material se hicieron con base en 160 L, siendo este el 80 % de capacidad del estañón antes mencionado. Así, la configuración quedaría de la siguiente forma: 17,6 kg de compost, 11,68 kg de suelo de la finca, y 130,72 L de fibra de coco. La medida de fibra de coco se da en volumen, debido a que el bloque pesa 5 kg; al agregar agua, el bloque puede generar entre 60 L y 70 L, por lo que para el biobed se utilizaron 2,65 bloques.

El proceso de implementación fue bastante exitoso gracias a la cooperación y buena disposición tanto de las cooperativas CooproNaranja R.L y CoopePalmares R.L como la de los productores. Durante el proceso, se les explicó a los productores e ingenieros sobre los materiales que lo componen, su uso, mantenimiento y vida útil, así como los pasos a seguir una vez comiencen las aplicaciones de agroquímicos, a mediados de febrero del 2022, referentes al mantenimiento cuando no está en uso (verter 5 L de agua por semana a los sistemas de 200 L, y 36 L al sistema de 1000 L), así como los muestreos que se realizarán por parte del CICA para evaluar el funcionamiento de cada sistema.

Con la colocación de los diez biobeds, se cumple con el indicador de la cantidad de biobeds propuestos en el proyecto al 100 %.

7.2 Estrategias para el mantenimiento y uso de los biobed, por parte de los productores

Como estrategia para el mantenimiento y uso de los biobeds, se realizó un seguimiento por medio de llamadas telefónicas, el día 17 de enero de 2022. Se elaboró un registro para corroborar el mantenimiento de cada biobed cuando no se utiliza, ya que una vez que pasa un mes de haberse instalado, cada productor debe verter, en el caso de los biobeds de 200 L, 5 L litros de agua por semana y para el biobed de 1000 L, 36 litros semanales, con el fin de que los microorganismos que se encuentran en el biobed puedan reproducirse de la mejor manera y puedan sobrevivir durante el tiempo en el que no están recibiendo plaguicidas o líquidos (Oviedo, 2022).

La información del seguimiento se presenta en el siguiente cuadro:

Tabla 9. Seguimiento al mantenimiento y uso de los biobeds instalados en Naranjo

Nombre	Ubicación	Fecha de colocación	Fecha de seguimiento	Colocó agua después del mes	Cantidad de agua vertida	¿Por qué no colocó agua?
Finca 1	San Miguel, Naranjo	19/11/2021	17/01/2021	No	No indica	El productor no comprendió bien la información dada
Finca 2	San Miguel, Naranjo	19/11/2021	17/01/2021	No	No indica	Ingeniero de Coopronaranjo indicó que luego de instalado, le explicaba el mantenimiento y funcionamiento, lo cual no se dio
Finca 3	Chirrí, Naranjo	19/11/2021	17/01/2021	Sí	3 litros (aprox.)	Estima que puede mantener el biobed con 2 a 5 litros por semana
Finca 4	Naranjo	25/11/2021	17/01/2021	Sí	5 litros	Colocó aspersor directo al biobed
Finca 5	Volio, San Ramón	19/11/2021	17/01/2021	Sí	5 litros	Se ha colocado agua, sin embargo, no la requerida para el tamaño

Fuente: Elaboración propia a partir de registro de llamadas telefónicas de seguimiento, 2022.

Tabla 10. Seguimiento al mantenimiento y uso de los biobeds instalados en Palmares

Nombre	Ubicación	Fecha de colocación	Fecha de seguimiento	Colocó agua después del mes	Cuánta agua vertió	¿Por qué no colocó agua?
Finca 1	Buenos Aires, Palmares	10/11/2021	17/1/2021	No	No	Se generó confusión y no han podido verlo por cosecha
Finca 2	Buenos Aires, Palmares	10/11/2021	17/1/2021	Sí	2 L	Ha estado colocando agua para mantenerlo húmedo
Finca 3	Zaragoza, Palmares	25/11/2021	17/1/2021	Sí	5 L	Ha estado colocando agua para mantenerlo húmedo
Finca 4	Zaragoza, Palmares	10/11/2021	17/1/2021	Sí	10 L	Ha colocado solo 5 L por mes
Finca 5	Zaragoza, Palmares	18/1/2022	17/1/2021	NA	NA	El biobed fue colocado el día 18 de enero por parte de CoopePalmares

Fuente: Elaboración propia a partir de registro de llamadas telefónicas de seguimiento, 2022

Basado en las Tabla 9 y Tabla 10, algunos productores tuvieron problemas para comprender las acciones de mantenimiento del biobed, por lo que al cumplirse el mes de espera no vertieron el agua que correspondía. Con las llamadas de seguimiento se les volvió a indicar sobre la importancia del mantenimiento y la humedad que debe tener el biobed. Esto es fundamental para asegurar el mantenimiento, ya que es una forma de estar recordando a los productores sobre vertido semanal de agua para mantener el sistema activo y que la investigación que sigue se pueda dar. Al haber transcurrido dos meses, posterior a la colocación de los diez biobed colocados, tres no recibieron agua al mes de colocado, sino que lo recibieron un mes después de la fecha de inicio de mantenimiento.

Con esto, el CICA iniciará el muestreo de los sistemas colocados, con el fin de constatar su uso y su efectividad en campo. Los sistemas colocados tendrán como fechas de recepción de residuos de plaguicidas luego de realizada la poda en los cafetales, lo cual se realiza entre febrero y marzo de cada año, para lo cual el CICA debe mantener relación con los productores y darles el seguimiento adecuado y hacerles saber las fechas en las que se harán las visitas.

CAPÍTULO 8. Conclusiones y recomendaciones

8.1 Conclusiones

Todo el estudio tiene una importancia especial debido al proyecto en el cual se enmarca, ya que su desarrollo podría generar nuevas alternativas e implementación de SBPs en más de Palmares y Naranjo, así como también en cultivos distintos al café, ya que la implementación involucra no solo al productor sino también al cultivo de café y al medio ambiente.

También puede llegar a impactar a toda una comunidad y sectores que tienen sus trabajos y desarrollo en torno al café, por lo que el análisis se extendió de forma económica y social también, al verlo desde la perspectiva del productor de café y donde el mismo productor describe e indica cómo se desarrolla su actividad y cómo esto puede generar fuentes de empleo.

Se desarrollaron una serie de indicadores que permitieron obtener la información necesaria para el análisis y, en consecuencia, la implementación de los sistemas de biopurificación. Se utilizaron herramientas ágiles para el desarrollo eficiente del trabajo, como las encuestas aplicadas, el método Delphi y sus cuestionarios, que es un método de evaluación de impacto ambiental distinto y a la vez rápido de elaborar y aplicar con base al conocimiento de expertos sobre el tema, en este caso el entorno en el que se desenvuelve el cultivo del café. En esta sección, los expertos coincidieron en que el medio de mayor importancia es el biofísico ya que se resalta que los componentes que se verían mayoritariamente afectados por la inadecuada disposición de los residuos de plaguicidas son la contaminación del suelo y el agua, concluyendo que en efecto es necesaria la implementación del biobed.

Se determinó mediante la aplicación de la encuesta a los productores que la mayoría no conoce la importancia sobre el manejo de residuos de agroquímicos, además, en la mayoría de las fincas se cuenta con fuentes de agua como quebradas o ríos, por lo que una inadecuada disposición de los desechos de plaguicidas implica una posible contaminación de fuentes de

agua, denotando la importancia de la aplicación de tecnologías como el biobed para mitigar esos daños.

El VAC planteó dos escenarios para la escogencia de un SBP de 200 L o de 1000 L, determinando que el más accesible como se mencionó es el de 200 L. Sin embargo, antes de decidir qué sistema es mejor, se debe analizar el área de la finca en uso agrícola, la cantidad y la periodicidad de aplicación de plaguicidas para determinar la mejor alternativa, teniendo en cuenta los costos de instalación y cuál facilita mejor el trabajo; así como preguntarse si es mejor colocar varios sistemas en distintas partes de la finca, tomando en cuenta las áreas de lavado y de mezclado de plaguicidas.

En cuanto a costos, la diferencia entre la producción de café es de ¢ 1763 al implementar el biobed por lo que denota que puede ser una opción accesible para los productores, tomando en cuenta que esto representa una ventaja para lograr el alcance o mantener una certificación.

Otro punto a considerar, fue el momento en el cual se colocaron los biobeds, ya que fueron en fechas muy próximas a la fecha de cosecha de café. Los productores dieron la posibilidad de realizar la instalación porque se encontraban esperando la etapa de cosecha, lo que ayudó a que, en tres días seguidos, pero en diferentes semanas se lograran colocar los diez SBP propuestos en el proyecto.

El SBP o Biobed es funcional en campo por la facilidad de mantenimiento y uso. Con el seguimiento realizado hasta cierto punto en este trabajo final de graduación se demostró que la mayoría de productores pudieron mantenerlo en buenas condiciones hasta que reciba las descargas de residuos de plaguicidas y del lavado de los equipos de aplicación.

Los SBP, al ser sistemas relativamente pequeños y fáciles de instalar, tuvieron una buena adaptación y recepción por parte de los productores que apoyaron al proyecto y la colocación de los sistemas en sus fincas. Brindaron la oportunidad de visitarlos y realizar la instalación y darles el seguimiento por medio de llamadas telefónicas y de visitas al lugar donde se encuentra cada SBP durante todo el tiempo que se necesite.

8.2 Recomendaciones

Se abordaron las recomendaciones por actores dentro de la implementación y mantenimiento de los SBP. Tomando al actor involucrado en la parte de investigación, en este caso el CICA se recomienda lo siguiente:

- Generar estudios nacionales para conocer el consumo de biomezcla de forma anual, ya que si se encuentran documentos de estudios y manuales donde se indica el consumo, pero no así de aplicaciones nacionales. Así se lograría determinar la cantidad exacta que se debe reponer y agregarlo
- Generar nuevas alternativas de SBPs y sus biomezclas con el fin de llegar a más cultivos de mayor intensidad, que soporten la carga y sean más eficientes con la degradación con el fin de promoverlos
- Brindar capacitaciones según las condiciones lo permitan, sobre el uso y la instalación de los biobeds, con el fin de alcanzar a más productores con el objetivo de lograr la puesta en marcha de más SBPs.
- Generar más alianzas con organizaciones cercanas a los productores como asociaciones y como cooperativas.
- Realizar, además, instrumentos de control de actividades y aplicaciones de plaguicidas en coordinación con los lugares que quieren poner en marcha los SBP.
- Con la nueva alternativa de un SBP de 1000 L se recomienda comparar las tecnologías para determinar cuáles serían las mejores opciones para la implementación en diferentes cultivos.
- Generar mejores herramientas de seguimiento, incluso de forma tecnológica que facilite a los productores el incluir la información que deban brindar, posterior a la

instalación. Esto puede darse mediante la generación de una aplicación móvil o similar.

- Estar en constante contacto con los productores que poseen los SBP, posterior a la conclusión del proyecto, para saber si continúan utilizándolo y manteniéndolo, de forma que no sientan que el proyecto se terminó o dejó de funcionar, sientan abandono y que se genere un rechazo para futuros proyectos.

Para las cooperativas que participaron, así como recomendaciones generales para futuros proyectos, se indican las siguientes:

- Buscar incentivos de manera que los productores adopten los SBP.
- Crear alianzas estratégicas con casas comerciales para la promoción de los SBP, así como la opción de obtener los materiales directamente con ellos, así como descuentos.
- En conjunto con instituciones como el CICA, planear días de campo, charlas y capacitaciones sobre el uso de los SBP, así como su funcionamiento y vida útil

Referencias bibliográficas

- Acosta-Sánchez, A., Soto-Garita, C., Masís-Mora, M., Cambronero-Heinrichs, J. C., & Rodríguez-Rodríguez, C. E. (2020). Impaired pesticide removal and detoxification by biomixtures during the simulated pesticide application cycle of a tropical agricultural system. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 195, 110460. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2020.110460>
- Agroindustria, U. de la F. I. de, & Instituto de Investigaciones Agropecuarias, C. R. de I. C. (2013). *Manual de construcción y operación de lechos biológicos, Proyecto D09R1006. Manejo adecuado de residuos de Plaguicidas en la Producción Frutícola de la región de La Araucanía a través de la implementación y difusión de Lechos Biológicos*. <https://biblioteca.inia.cl/handle/20.500.14001/33377>
- Aldana Martínez, V. D. (2020). *Afectaciones a la población rural por manejo inadecuado de residuos sólidos de plaguicidas*. <http://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/37275>
- Aparicio, V., De Gerónimo, E., Hernández-Guijarro, K., Pérez, D., Portocarrero, R., & Vidal, C. (2015). *Los plaguicidas agregados al suelo y su destino en el ambiente*. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. https://www.researchgate.net/publication/292985188_Los_plaguicidas_agregados_a_l_suelo_y_su_destino_en_el_ambiente
- AyA. (s. f.). *Estructura tarifaria acueductos*. <https://www.aya.go.cr/SitePages/Principal.aspx>
- Bach, O. (2010). *Hacia una conciencia ambiental del sector agrícola*. <https://repositorio.conare.ac.cr/handle/20.500.12337/461>

- BCCR. (2021). *PROGRAMA MACROECONÓMICO 2021-2022*. Banco Central de Costa Rica. <https://www.bccr.fi.cr/publicaciones/pol%C3%ADtica-monetaria-e-inflaci%C3%B3n/programas-macroecon%C3%B3micos>
- Biobed Un lecho biológico para minimizar la contaminación puntual por plaguicidas*. (2016). Instituto Sueco de Ingeniería Agrícola y Ambiental-FAO. <https://www.fao.org/3/i5888s/i5888s.pdf>
- Bravo-Inclán, L., Saldaña-Fabela, P., Izurieta-Dávila, J., & Mijangos-Carro, M. (2013). *La importancia de la contaminación difusa en México y en el mundo*. <https://doi.org/10.13140/2.1.3336.7843>
- Brenes Alfaro, L. (s. f.). *Manual de uso de biobeds: Dirigido a agricultores de la zona norte de Cartago, Costa Rica*. Centro de Investigación en Contaminación Ambiental. http://cica.ucr.ac.cr/wp-content/uploads/2020/11/Manual-de-uso-de-BIOBEDS-2020_compressed.pdf (Original work published 2020)
- Castillo, M. del P., Torstensson, L., & Stenström, J. (2008). Biobeds for environmental protection from pesticide use—A review. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(15), 6206-6219. <https://doi.org/10.1021/jf800844x>
- Chin-Pampillo, J. S., Masís-Mora, M., Ruiz-Hidalgo, K., Carazo-Rojas, E., & Rodríguez-Rodríguez, C. E. (2016). Removal of carbofuran is not affected by co-application of chlorpyrifos in a coconut fiber/compost based biomixture after aging or pre-exposure. *Journal of Environmental Sciences*, 46, 182-189. <https://doi.org/10.1016/j.jes.2015.12.026>
- Chin-Pampillo, J. S., Ruiz-Hidalgo, K., Masís-Mora, M., Carazo-Rojas, E., & Rodríguez-Rodríguez, C. E. (2015a). Adaptation of biomixtures for carbofuran degradation in

- on-farm biopurification systems in tropical regions. *Environmental Science and Pollution Research*, 22(13), 9839-9848. <https://doi.org/10.1007/s11356-015-4130-6>
- Chin-Pampillo, J. S., Ruiz-Hidalgo, K., Masís-Mora, M., Carazo-Rojas, E., & Rodríguez-Rodríguez, C. E. (2015b). Design of an optimized biomixture for the degradation of carbofuran based on pesticide removal and toxicity reduction of the matrix. *Environmental Science and Pollution Research*, 22(23), 19184-19193. <https://doi.org/10.1007/s11356-015-5093-3>
- Cotán-Pinto, S. (2007). *Metodologías Valoración Impacto Ambiental*. INERCO. <https://docplayer.es/7015327-Valoracion-de-impactos-ambientales.html>
- Espinoza, A., Costa Rica, Ministerio de Salud, Pan American Health Organization, & World Health Organization. (2003). *Efectos de los plaguicidas en la salud y el ambiente en Costa Rica*. Ministerio de Salud.
- Franco Calderón, Á. M., & Zabala Corredor, S. K. (2012). Los equipamientos urbanos como instrumentos para la construcción de ciudad y ciudadanía. *Dearq*, 11, 10-21. <https://doi.org/10.18389/dearq11.2012.03>
- García, J. (1997). CONSECUENCIAS INDESEABLES DE LOS PLAGUICIDAS EN EL AMBIENTE. *Agronomía Mesoamericana*, 119-135.
- García-Gutiérrez, C., & Rodríguez-Meza, G. D. (2016). Problemática y riesgo ambiental por el uso de plaguicidas en sinaloa. *Ra Ximhai*, 8(3). <http://www.revistas.unam.mx/index.php/rxm/article/view/53787>
- Garmendia Salvador, A. (2010). *Evaluación de impacto ambiental*. Pearson-Prentice Hall.
- Guía técnica para el cultivo del café*. (2020). ICAFE. <http://www.icafe.cr/wp-content/uploads/cicafe/documentos/GUIA-TECNICA.pdf>

- Gutiérrez González, E., Vladimirovna Panteleeva, O., & ProQuest. (2016). *Estadística inferencial 1 para ingeniería y ciencias*. Grupo Editorial Patria. <https://elibro.net/ereader/elibrodemo/40474>
- Hamui-Sutton, A., & Varela-Ruiz, M. (2013). La técnica de grupos focales. *Investigación en Educación Médica*, 2(5), 55-60. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=349733230009>
- Hernández Aguilar, J. (2010). *Incidencia de Enfermedades Foliares del Café Bajo Diversos Tipos de Sombra y Manejo de Insumos, en Sistemas Agroforestales, Turrialba, Costa Rica* [INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA]. <https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/5723>
- Huete-Soto, A., Castillo-González, H., Masís-Mora, M., Chin-Pampillo, J. S., & Rodríguez-Rodríguez, C. E. (2017). Effects of oxytetracycline on the performance and activity of biomixtures: Removal of herbicides and mineralization of chlorpyrifos. *Journal of Hazardous Materials*, 321, 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2016.08.078>
- Huete-Soto, A., Masís-Mora, M., Lizano-Fallas, V., Chin-Pampillo, J. S., Carazo-Rojas, E., & Rodríguez-Rodríguez, C. E. (2017). Simultaneous removal of structurally different pesticides in a biomixture: Detoxification and effect of oxytetracycline. *Chemosphere*, 169, 558-567. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2016.11.106>
- ICAFFE. (2021). *Estadísticas del sector café regiones cafetaleras*. Instituto del Café de Costa Rica. <http://www.icafe.cr/sector-cafetaletero/informacion-de-mercado/reportes-de-mercado/estadisticas-del-sector-cafe-regiones-cafetalaras/>

- Leandro, G., & Soto, C. (1980). *Evaluación de fungicidas para el combate de mycena citricolor y cercospora coffeicola en café*. 41-45. https://www.mag.go.cr/rev_agr/v04n01_041.pdf
- Lerma González, H. D. (2012). *Metodología de la investigación [recurso electrónico]: Propuesta, anteproyecto y proyecto*. Ecoe Ediciones.
- Madrigal-Zúñiga, K., Ruiz-Hidalgo, K., Chin-Pampillo, J. S., Masís-Mora, M., Castro-Gutiérrez, V., & Rodríguez-Rodríguez, C. E. (2016). Fungal bioaugmentation of two rice husk-based biomixtures for the removal of carbofuran in on-farm biopurification systems. *Biology and Fertility of Soils*, 52(2), 243-250. <https://doi.org/10.1007/s00374-015-1071-7>
- Martín Elorza, F. (2020). *Camas Biológicas: Una alternativa sustentable para la mitigación de riesgos*. CASAFE. <https://www.casafe.org/escuchaste-hablar-de-las-camas-biologicas/>
- MIDEPLAN. (2011). *Introducción. Área de inversiones. Unidad de inversiones públicas, mideplan. Agosto, —Pdf descargar libre*. MIDEPLAN. <https://docplayer.es/15008287-Introduccion-area-de-inversiones-unidad-de-inversiones-publicas-mideplan-agosto-2011-2.html>
- MIDEPLAN. (2019). *Guía de aplicación de precios sociales | ministerio de planificación nacional y política económica*. MIDEPLAN. <https://www.mideplan.go.cr/node/1800>
- Mijangos Carro, M., González Villela, R., Bravo Inclán, L. A., Alba Urióstegui, M., & Evans, Barry. (2015). ESTUDIO DE FUENTES DE CONTAMINACIÓN PUNTUAL Y DIFUSA EN LAS SUBCUENCAS DEL LAGO DE TUXPAN Y RÍO TOMATAL, IGUALA, GRO., MÉXICO. *Instituto Mexicano de Tecnología del Agua*.

https://www.researchgate.net/publication/284031417_Estudio_de_fuentes_de_contaminacion_puntual_y_difusa_en_las_subcuencas_del_lago_de_Tuxpan_Iguala_Gro_Mexico

Mora, N. (2008). *Agrocadena de Café*. Ministerio de Agricultura y Ganadería. <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/E70-9314.pdf>

Oviedo Matamoros, F. (2022). *DISEÑO DE UN SISTEMA DE BIOCAMA PARA ELIMINACIÓN DE PLAGUICIDAS UTILIZADOS EN CULTIVOS DE CAFÉ*. Universidad de Costa Rica.

Palma-Jiménez, M., Blanco-Meneses, M., & Guillén-Sánchez, C. (2019). Las cochinillas harinosas (Hemiptera: Pseudococcidae) y su impacto en el cultivo de Musáceas. *Agronomía Mesoamericana*, 281-298. <https://doi.org/10.15517/am.v30i1.32600>

Programa de proyectos de investigación: Biorremediación, ambiente y agua y BioNano Estructuras. (2017). MICITT.

Programa Nespresso AAA Sustainable Quality. (2003). Nespresso; Nespresso. <https://www.nespresso.com/ncp/positive/mx/es#!/sustentabilidad/aaa-calidad-sustentable>

Quintana Peña, A. (2006). *Metodología de investigación científica cualitativa*. <http://148.202.167.116:8080/xmlui/handle/123456789/2724>

Quirós, O., Carballo, M., & Mora, L. (s. f.). *Manual Técnico para la Implementación de Tecnologías en Energía Renovable en la Agroindustria* | ISBN 978-9968-919-14-2—*Libro*. Recuperado 6 de marzo de 2022, de <https://isbn.cloud/en/9789968919142/manual-tecnico-para-la-implementacion-de-tecnologias-en-energia-renovable-en-la-agroindustria/>

- Rodríguez Rodríguez, C. (2021). *Consulta de experto* [Comunicación personal].
- Rodríguez-Rodríguez, C. E., Castro-Gutiérrez, V., Chin-Pampillo, J. S., & Ruiz-Hidalgo, K. (2013). On-farm biopurification systems: Role of white rot fungi in depuration of pesticide-containing wastewaters. *FEMS Microbiology Letters*, *345*(1), 1-12. <https://doi.org/10.1111/1574-6968.12161>
- Rodríguez-Rodríguez, C. E., Madrigal-León, K., Masís-Mora, M., Pérez-Villanueva, M., & Chin-Pampillo, J. S. (2017). Removal of carbamates and detoxification potential in a biomixture: Fungal bioaugmentation versus traditional use. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, *135*, 252-258. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2016.10.011>
- Ruiz-Hidalgo, K., Chin-Pampillo, J. S., Masís-Mora, M., Carazo R., E., & Rodríguez-Rodríguez, C. E. (2014). Degradation of carbofuran by *Trametes versicolor* in rice husk as a potential lignocellulosic substrate for biomixtures: From mineralization to toxicity reduction. *Process Biochemistry*, *49*(12), 2266-2271. <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2014.10.006>
- SENASICA. (2014). *Quema o derrite del cafeto Phoma costarricensis*. SERVICIO NACIONAL DE SANIDAD, INOCUIDAD Y CALIDAD AGROALIMENTARIA. <http://royacafe.lanref.org.mx/Documentos/FTNo47Phomacostarricensis.pdf>

Comunicaciones Personales

- Rodríguez Rodríguez, C. (2021). *Consulta de experto* [Comunicación personal].
- Productores de café de Naranjo y Palmares (2021). *Consulta de experto*. [Comunicación personal]

Anexos

Anexo 1. Encuesta para productores de café 2019

Nº de encuesta: _____

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
ENCUESTA PARA PRODUCTORES DE CAFÉ
2019

Buenos días (o tardes) Sr(a). Mi nombre es _____, y trabajo para la Universidad de Costa Rica. Estamos realizando un proyecto en la zona de Naranjo y Palmares con productores de café. El objetivo de esta encuesta es recopilar información para realizar un análisis económico, social y ambiental sobre los productores asociados a Coopronaranjo y CoopePalmares. Para nosotros es muy importante lo que usted tenga que decir a partir de su experiencia, por lo que, para su tranquilidad, la encuesta será completamente confidencial.

A continuación, iniciaremos con la encuesta.

Nombre: _____

Número de teléfono: _____

A. INFORMACIÓN GENERAL DEL PRODUCTOR

A.1. Tipo de plantación:

- 1) Convencional
2) Orgánica
3) Otro: _____

A.2. ¿De cuántas hectáreas se compone la finca en la cual usted produce café?

Área total _____ (ha)

Área de producción por tipo de plantación:

Convencional (si aplica) _____ (ha)

Orgánica (si aplica) _____ (ha)

A.3. ¿La persona informante es?

- 1) Dueño de la finca
2) Administradora
3) Ingeniero agrónomo
4) Trabajador contratado fijo (peón)
5) Trabajador contratado temporal (peón)
6) Arrendatario
7) Otro: _____

A.4. Edad del informante: _____

A.5. Sexo: 1) Mujer 2) Hombre

A.6. Nivel de escolaridad (último año aprobado)

- 1) Ninguno
2) Primaria incompleta
3) Primaria completa
4) Secundaria incompleta
5) Secundaria completa
6) Técnico
7) Universidad incompleta
8) Universidad completa

A.7. ¿Existe ingeniero agrónomo trabajando en esta finca?

- 1) Sí (*pasar a A.9*) 2) No 99) NS/NR

A.8. ¿Recibe asesoramiento por parte de ingeniero agrónomo?

- 1) Sí: ¿De qué institución / empresa? _____ 2) No 99) NS/NR

A.9. ¿Recibe usted otros ingresos por otra actividad agrícola u otra actividad no agrícola?

- 1) Sí: ¿Cuál otra actividad remunerada realiza? _____
2) No

A.10. ¿Cuántas personas trabajan en esta finca? _____

A.10.1. Existe mano de obra familiar: 1) Sí 2) No

A.10.2. ¿Quiénes y sus edades?: _____

A.10.3. ¿En los períodos donde no hay cosecha, existe mano de obra familiar? 1) Sí 2) No

A.10.4. ¿Quiénes y sus edades? _____

A.11. ¿Cuál es costo del jornal por día? _____

A.12. ¿Hace cuánto tiempo se siembra café en esta finca?: _____

A.13. ¿Pertenece a alguna organización agrícola?

- | | |
|------------------------|---------------------------|
| 1) Asociación o cámara | 4) Otra |
| 2) Cooperativa | 5) No pertenece a ninguna |
| 3) Sindicato | 99) NS/NR |

A.14. Anualmente, ¿cuántas cosechas de café se obtienen en esta finca? _____ 99) NS/NR

A.15. ¿Cuándo fue la última siembra? (Fecha) _____ 99) NS/NR

A.16. ¿Cuándo fue la última de cosecha? (Fecha) _____ 99) NS/NR

A.17. Con respecto a la última producción -2018-2019- (Dueños o ingenieros):

A.17.1. ¿Cuántas hectáreas fueron sembradas? _____

A.17.2. ¿Cuánto cosechó? (fanegas por hectárea) _____

A.17.3. ¿Cuánto de lo cosechado fue para:

- Exportación (%): _____
- Consumo nacional (%): _____

A.18. ¿Cuál fue el precio promedio del café vendido?

- 1) Precio del café verde _____
2) Precio del café maduro _____

A.19. ¿Exporta usted café?: 1) Sí 2) No *(pasa a A.20.)*

1) Por medio de cooperativa

3) Otra: _____

2) Exporta directo:

99) NS/NR

¿Adónde? _____

A.19.1. ¿A cuál empresa o cooperativa le vende el café? *(Abierta)*

Si marca 1, realizar la pregunta, si no continuar con A.20.

A.20. ¿Posee microbeneficio? 1) Sí 2) No *(pasa a A.21.)*

A.20.1. Si posee microbeneficio, ¿cuánto café procesa en fanegas? _____

A.21. ¿Cuenta esta finca con alguna certificación? 1) Sí 2) No *(pasar a sección B)*

A.21.1. ¿Cuál(es) tiene? _____

B. CONOCIMIENTOS DEL AGRICULTOR SOBRE ASPECTOS TÉCNICOS

Control de plagas y uso de plaguicidas

B.1. ¿Cuáles son las plagas y/o enfermedades más comunes en café, que se han presentado en su finca?

	Enfermedad o plaga que afecta al cultivo
1	
2	
3	
4	
5	

B.2. ¿Cuáles son las sustancias químicas (plaguicidas) que se utilizan más comúnmente en esta finca?

(Por favor completar la información del cuadro). Anotar atrás de la hoja si es necesario

	B.2.1. Nombre del plaguicida	B.2.2. Tipo (herbicida, fungicida, insecticida)	B.2.3 Costo del plaguicida	B.2.4. ¿En qué dosis lo utiliza? kg/ha o L/ha
1				
2				
3				

4				
5				
6				
7				

B.3. ¿En qué basa usted la decisión de aplicar o no un plaguicida? (*opción múltiple*)

- | | |
|--|---------------------------------------|
| 1) Costumbre | 5) Programa de aplicación o protocolo |
| 2) Presencia de una plaga o enfermedad | 6) Recomendación |
| 3) Prevención de plagas o enfermedades | 7) Otro _____ |
| 4) Muestreo de plagas (umbrales) | 99) NS/NR |

B.4. Después de realizar las aplicaciones, ¿le sobra mezcla de plaguicida?

- 1) Sí 2) No (*pasar a pregunta B.5.*)

B.4.1. ¿Qué hace con la mezcla sobrante?

- | | |
|--|---|
| 1) La bota en cualquier lugar | 3) La guarda para la siguiente aplicación |
| 2) La repasa en el cultivo (<i>pasar a B.4.2.</i>) | 4) Otro _____ |
| | 99) NS / NR |

B.4.2. ¿Aproximadamente a qué porcentaje del área del cultivo hace el repaso? _____

B.5. ¿Existen en la finca carteles de advertencia del uso reciente de plaguicidas?

- 1) Sí 2) No 99) NS/NR

B.6. ¿Lava el equipo de aplicación una vez concluida la jornada?

- 1) Sí 2) No 99) NS/NR

B.7. Cuando lava los equipos de aplicación, ¿dónde lo hace?

- 1) En la quebrada, río o arroyo cercano
 2) En la pila de la finca
 3) En la pila de la casa
 4) Otro: _____
 99) NS/NR

B.8. Cuando lava el equipo de aplicación, ¿con qué lo hace?

- | | |
|---------------------|---------------|
| 1) Sólo con agua | 3) Otro _____ |
| 2) Con agua y jabón | 99) NS/NR |

B.9. ¿Lleva usted registros de aplicación de plaguicidas?

- 1) Sí 2) No (*pasar a la B.10.*) 99) NS/NR

5. Gafas				
6. Camisa manga larga				
7. Pantalón largo				
8. Delantal				
9. Botas de hule				

Frecuencia con que utiliza el equipo de protección: 1. Siempre 2. A veces 3. Nunca 999. NA

D. MANEJO DEL SUELO (dueño de la finca o ingeniero)

D.1. ¿Se han tomado muestras de suelo de la finca, para analizarlas en un laboratorio?

1) Sí 2) No (*pasar a la pregunta D.2.*) 99) NS/NR

D.1.1. ¿Guarda usted los resultados de los análisis de suelos?

1) Sí 2) No 99) NS/NR 999) NA

D.1.2. ¿Utiliza los resultados del análisis de suelos para realizar su programa de fertilización?

1) Sí 2) No 99) NS/NR 999) NA

D.2. ¿Quién le brinda las recomendaciones de fertilización? (Institución, casa comercial, técnico, ingeniero del MAG u otro) (*Abierta*) _____

D.3. ¿Cuál es el porcentaje de pendiente del terreno de la finca?

% _____ 99) NS/NR

D.4. ¿Conoce usted las siguientes prácticas de conservación de suelos?

Nota: Marque con Sí / No

Prácticas de conservación	Conoce	Usa en la finca
D.4.1. Siembra y construcción de drenajes en contorno		
D.4.2. Tratamiento de rastrojos para su incorporación al suelo		
D.4.3. Construcción de gavetas en los drenajes		
D.4.4. Barreras vivas		
D.4.5. Cortinas rompevientos		
D.4.6. Lagunas de sedimentación o infiltración		
D.4.7. Coberturas en los taludes		
D.4.8. Otro:		

Manejo de restos de poda de café y poda de sombra

D.5. ¿Cuál es el manejo de los restos de poda de café y poda de sombra que se realiza en la finca? (*pregunta abierta y múltiple*)

- | | |
|--|--|
| 1) Quema química | 6) Se depositan en fosas para residuos de planta y fruta |
| 2) Quema física | 7) Sin tratamiento / Se dejan en el campo |
| 3) Trituración (mecanización con rastra) | 8) Otro _____ |
| 4) Incorporación del residuo al terreno | 99) NS/NR |
| 5) Se les aplica descomponedores de materia orgánica | |

D.6. ¿Cuál es el manejo que se realiza de los desechos en el microbeneficio? (*abierto*) (*Sí posee, si no pase a sección E*).

E. MANEJO DE AGUAS

E.1. ¿Pasan ríos o quebradas cerca de su finca?

- 1) Sí 2) No (*pasa a la pregunta E.4.*) 99) NS/NR

E.2. ¿Cuáles ríos o quebradas pasan cerca de su finca? _____

E.3. ¿Ha realizado análisis de laboratorio sobre la calidad del agua de ríos y quebradas que pasan por su finca?

- 1) Sí 2) No (*pasa a la pregunta E.4.*) 99) NS/NR

E.3.1. ¿Cuál fue el resultado de los análisis con respecto a la presencia de plaguicidas en el agua? (*Abierta*)

E.4. El agua para las actividades de la finca proviene principalmente de:

- 1) AyA / ASADA
 2) Un río o quebrada
 3) Una naciente o manantial
 4) Un pozo
 5) Otra ¿cuál? _____

FIN DE LA ENCUESTA (agradecer al productor)

Anexo 2. Cuestionario de calificación de medios

Calificación de medios

Estimado/a Sr./Sra. experto/a.

Para este estudio se harán circular varios cuestionarios, cada uno dependiente del anterior, ya que el método utilizado funciona mediante la asignación de puntos para cada medio y factor. De esta forma, se construye la evaluación de impacto ambiental por medio de consulta de expertos hasta la elaboración de un informe final.

En este caso, se pretende instalar diez (10) biobeds o sistemas de biopurificación en cafetales de Naranjo y Palmares, por lo que se justifica el uso del método para la implementación de una nueva tecnología para el cultivo.

Con el fin de evaluar la importancia que tiene cada medio en la evaluación ambiental que se llevará a cabo, se adjuntará la lista de factores o elementos que contiene cada medio, para brindar ejemplos de los mismos y estimar su importancia en el cultivo de café.

Recuerde, por el momento estamos evaluando la importancia de los medios.

En su correo, o bien el medio por el que se le envió el primer cuestionario, podrá encontrar su número de experto; por favor, utilícelo para completar la primera pregunta.

Muchas gracias,

Alfredo Meneses Garzona
Estudiante de Lic. en Economía Agrícola y Agronegocios

***Obligatorio**

1. Número de experto *

Anexo 2. Cuestionario de calificación de medios

Calificación de medios

Estimado/a Sr./Sra. experto/a.

Para este estudio se harán circular varios cuestionarios, cada uno dependiente del anterior, ya que el método utilizado funciona mediante la asignación de puntos para cada medio y factor.

De esta forma, se construye la evaluación de impacto ambiental por medio de consulta de expertos hasta la elaboración de un informe final.

En este caso, se pretende instalar diez (10) biobeds o sistemas de biopurificación en cafetales de Naranjo y Palmares, por lo que se justifica el uso del método para la implementación de una nueva tecnología para el cultivo.

Con el fin de evaluar la importancia que tiene cada medio en la evaluación ambiental que se llevará a cabo, se adjuntará la lista de factores o elementos que contiene cada medio, para brindar ejemplos de los mismos y estimar su importancia en el cultivo de café.

Recuerde, por el momento estamos evaluando la importancia de los medios.

En su correo, o bien el medio por el que se le envió el primer cuestionario, podrá encontrar su número de experto; por favor, utilícelo para completar la primera pregunta.

Muchas gracias,

Alfredo Meneses Garzona
Estudiante de Lic. en Economía Agrícola y Agronegocios

*Obligatorio

1. Número de experto *

Esta lista es para evaluar cada medio. Los elementos pretenden servir de guía para hacer una evaluación adecuada de cada medio, pensando en función del cultivo de café.

Sistema	Medio	Elemento ambiental
Biofísico	Medio biofísico	Aire
		Clima
		Agua
		Tierra y suelo
		Procesos ambientales
		Vegetación
	Medio belleza-escénica	Fauna
		Procesos bióticos
		Valor testimonial
		Paisaje intrínseco
		Intervisibilidad
		Componentes singulares
Socio-económico y cultural	Medio rural	Recursos científico-culturales
		Recreativo
		Productivo
		Conservación de la naturaleza
		Vías rurales
		Procesos rurales
	Medio socioeconómico y cultural	Estructura urbana y equipamientos
		Infraestructura y servicios
		Aspectos culturales
		Aspectos humanos
		Patrimonio histórico y artístico
		Economía
Población		

2. Donde 1 es el menos importante y 4 el más importante. *

Marca solo un óvalo por fila.

	1	2	3	4
Medio biofísico	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Medio belleza-escénica	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Medio rural	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Medio socio-económico	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

3. Si desea agregar otro medio puede hacerlo

Ir a la sección 2 (Muchas gracias por su participación)

**Muchas gracias por
su participación**

En los próximos días se le estarán enviando los resultados para su consideración, así como el segundo cuestionario.



Anexo 3. Cuestionario de evaluación de factores por medio

Evaluación de factores por medio

Estimado/a Sr./Sra. experto/a.

POR FAVOR LEA ESTE APARTADO ANTES DE INICIAR EL CUESTIONARIO

Para este segundo cuestionario, se evaluarán los factores asociados a cada medio, con el fin de determinar el impacto ambiental que genera la aplicación de plaguicidas en el cultivo de café. En conjunto con lo anterior se debe tener presente la implementación de los biobeds y su impacto en el cultivo.

Los biobeds se utilizarán para la degradación de plaguicidas de forma biológica. Los materiales que lo constituyen son: fibra de coco, compost y suelo de la misma finca donde se instalará el biobed, esto con el fin de reproducir los microorganismos que se encuentran en la finca y que se encuentran en mayor contacto con los plaguicidas aplicados en cada finca.

Se pretende instalar diez (10) biobeds o sistemas de biopurificación de plaguicidas en cafetales de Naranjo y Palmares, los cuáles se mostrarán como ejemplo en las siguientes imágenes. En este caso, se conversó con CoopePalmares y CooproNaranjo para el montaje de los mismos, logrando posicionar 9 biobeds de 200 L y 1 biobed de 1000 L.

En su correo, o bien por el medio en el recibió este cuestionario, podrá encontrar su número de experto; por favor, utilícelo para completar la primera pregunta.

Muchas gracias,

Alfredo Meneses Garzona

Estudiante de Lic. en Economía Agrícola y Agronegocios

*Obligatorio

Sistema de biopurificación (Biobed) de tanqueta de 1000 L (Diseño: Fernando Oviedo, estudiante de la carrera de Ingeniería en Biosistemas)



Sistema de biopurificación de 200 L, diseño implementado en cultivos de papa en Tierra Blanca de Cartago.



1. Número de experto *

4. Esta lista es para evaluar el impacto ambiental que generan la aplicación de plaguicidas en los factores del MEDIO RURAL. Donde 1 es el MENOS IMPORTANTE y 5 el MÁS IMPORTANTE. *

Marca solo un óvalo por fila.

	1	2	3	4	5
Cambios en actividades recreativas	<input type="radio"/>				
Generación de empleo	<input type="radio"/>				
Incremento de la productividad y rentabilidad en el sector	<input type="radio"/>				
Conservación de la naturaleza	<input type="radio"/>				
Cambios en vías rurales	<input type="radio"/>				

Evaluación de factores del medio belleza-escénica

5. Esta lista es para evaluar el impacto ambiental que generan la aplicación de plaguicidas en los factores del MEDIO BELLEZA-ESCÉNICA. Donde 1 es el MENOS IMPORTANTE y 5 el MÁS IMPORTANTE. *

Marca solo un óvalo por fila.

	1	2	3	4	5
Dificultad para la apreciación de paisajes (Intervisibilidad)	<input type="radio"/>				
Destrucción de recursos científico-culturales	<input type="radio"/>				
Alteración del paisaje	<input type="radio"/>				
Alteración del valor testimonial (relatos, historias, leyendas que suceden en la zona, al crear mayores espacios para cultivos)	<input type="radio"/>				
Afectación al agroecoturismo	<input type="radio"/>				

Si cree que se deba incluir o modificar algún factor de uno varios medios, por favor indique cuál

6. Anótelos en este espacio

4. Esta lista es para **evaluar** el impacto ambiental que generan la aplicación de plaguicidas en los factores del MEDIO RURAL. Donde 1 es el MENOS IMPORTANTE y 5 el MÁS IMPORTANTE. *

Marca solo un óvalo por fila

	1	2	3	4	5
Cambios en actividades recreativas	<input type="radio"/>				
Generación de empleo	<input type="radio"/>				
Incremento de la productividad y rentabilidad en el sector	<input type="radio"/>				
Conservación de la naturaleza	<input type="radio"/>				
Cambios en vías rurales	<input type="radio"/>				

Evaluación de factores del medio belleza-escénica

5. Esta lista es para **evaluar** el impacto ambiental que generan la aplicación de plaguicidas en los factores del MEDIO BELLEZA-ESCÉNICA. Donde 1 es el MENOS IMPORTANTE y 5 el MÁS IMPORTANTE. *

Marca solo un óvalo por fila.

	1	2	3	4	5
Dificultad para la apreciación de paisajes (Intervisibilidad)	<input type="radio"/>				
Destrucción de recursos científico-culturales	<input type="radio"/>				
Alteración del paisaje	<input type="radio"/>				
Alteración del valor testimonial (relatos, historias, leyendas que suceden en la zona, al crear mayores espacios para cultivos)	<input type="radio"/>				
Afectación al agroecoturismo	<input type="radio"/>				

Si cree que se deba incluir o **modificar** algún factor de uno varios medios, por favor indique cuál

6. Anótelos en este espacio

Anexo 4. Cuestionario de argumentación.

Argumentación

Estimado/a Sr./Sra. experto/a.

POR FAVOR LEA ESTE APARTADO ANTES DE INICIAR EL CUESTIONARIO

Para este tercer cuestionario y último cuestionario, se le presentarán los resultados obtenidos, tanto del primer cuestionario como del segundo.

Con el fin de establecer un debate entre los participantes, se le solicitará que observe los datos y argumente con criterio de experto, si esta o no de acuerdo con los resultados.

Para esto, usted deberá responder Sí o No en cada una de las preguntas y argumentar con su criterio de experto, si considera que algún medio o factor es importante.

En cuanto a la puntuación, entre mayor sea el número, más importante será el medio o el factor.

Recuerde, que lo que se quiere saber es como impactan los plaguicidas en el cultivo de café y entorno que lo rodea y como los biobeds pueden generar un beneficio.

En su correo, o bien por el medio en el recibió este cuestionario, podrá encontrar su número de experto; por favor, utilícelo para completar la primera pregunta.

Muchas gracias,

Alfredo Meneses Garzona
Estudiante de Lic. en Economía Agrícola y Agronegocios

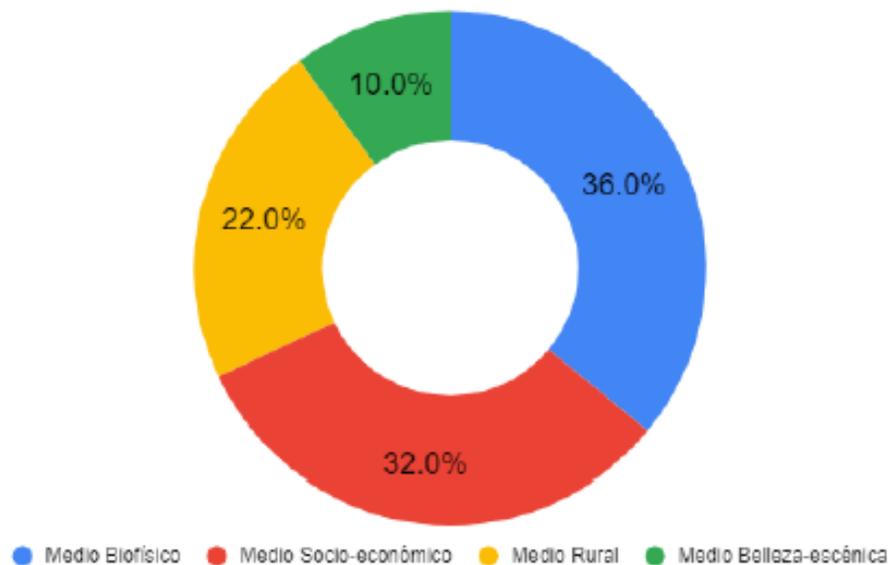
***Obligatorio**

1. Número de experto *

Calificación
de medios

El siguiente gráfico muestra los resultados obtenidos de la calificación de medios, donde el 36% de los participantes califican el medio biofísico como el más importante y el medio de belleza escénica como el menos importante.

Gráfico de calificación de medios



2. ¿Está usted de acuerdo con los resultados? *

Marca solo un óvalo.

Sí

No

3. Por favor argumente su respuesta con su criterio de experto en el cultivo de café.
(Esta argumentación es necesaria para completa el estudio) *

Evaluación de factores

En esta sección se le mostrarán en forma de gráfico, los resultados obtenidos de la evaluación de factores de por cada medio.

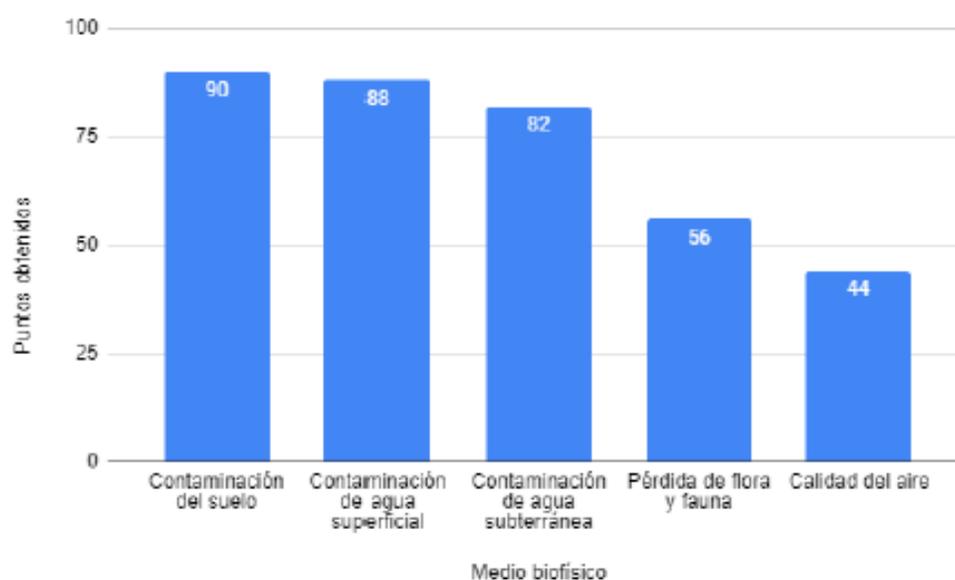
Los resultados están dados por puntos, donde entre más alto sea el puntaje más importante será y entre menos puntaje tenga menos importante será cada factor.

En esta sección se presentarán los resultados de mayor a menor según el puntaje mostrado en el gráfico anterior.

La escala de los siguientes gráficos esta basada en 1000 puntos, por ejemplo, según el porcentaje del gráfico anterior, el medio biofísico tiene 360 puntos repartidos en los 5 factores según las evaluaciones realizadas en el segundo cuestionario, por eso notará que los gráficos tiene puntuaciones diferentes e irán descendiendo.

Los resultado se muestran a continuación:

Evaluación de factores del medio Biofísico, este medio tiene un total de 360 puntos a repartir entre los 5 factores. El gráfico muestra los resultados obtenidos de la calificación de medios, donde los factores de "Contaminación de suelo y Contaminación de agua superficial" tienen 91 puntos cada uno y "Calidad del aire" con 48 puntos.



4. ¿Está usted de acuerdo con los resultados? *

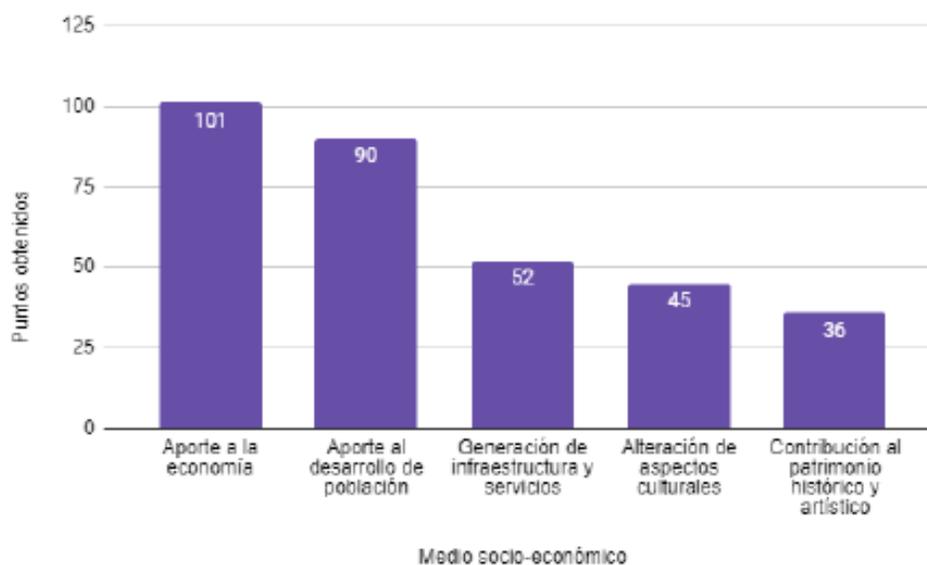
Marca solo un óvalo.

Sí

No

5. Por favor argumente su respuesta con su criterio de experto en el cultivo de café.
(Esta argumentación es necesaria para completa el estudio) *

Evaluación de factores del medio Socio-económico, este medio tiene un total de 320 puntos a repartir entre los 5 factores. El gráfico muestra los resultados obtenidos de la calificación de medios, donde el factor "Aporte a la economía" tiene 102 puntos y el factor "Contribución al patrimonio histórico y artístico" tiene 38 puntos.



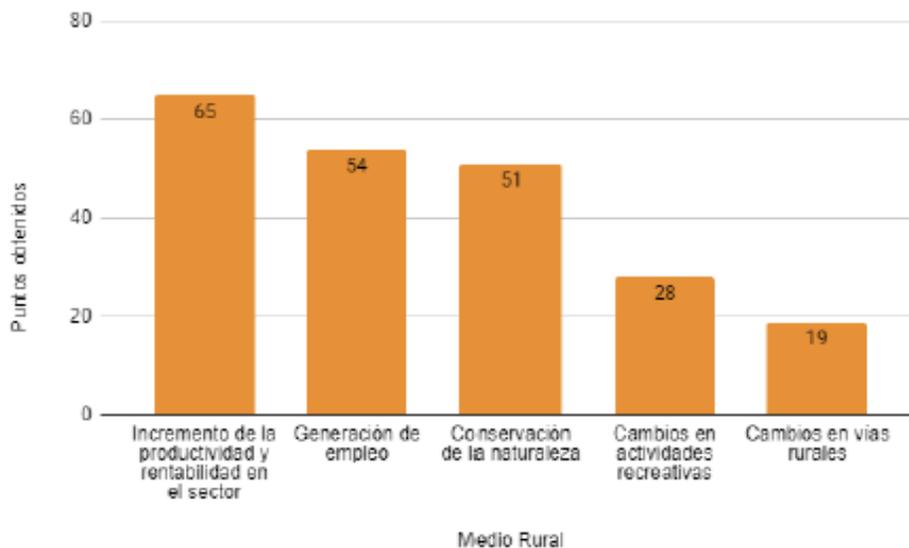
6. ¿Está usted de acuerdo con los resultados? *

Marca solo un óvalo.

- Sí
- No

7. Por favor argumente su respuesta con su criterio de experto en el cultivo de café. (Esta argumentación es necesaria para completa el estudio) *

Evaluación de factores del medio Rural, este medio tiene un total de 220 puntos a repartir entre los 5 factores. El gráfico muestra los resultados obtenidos, donde el factor "Incremento de la productividad y rentabilidad en el sector" cuenta con 67 puntos y el factor "Cambio en vías rurales" cuenta con 21 puntos.



8. ¿Está usted de acuerdo con los resultados? *

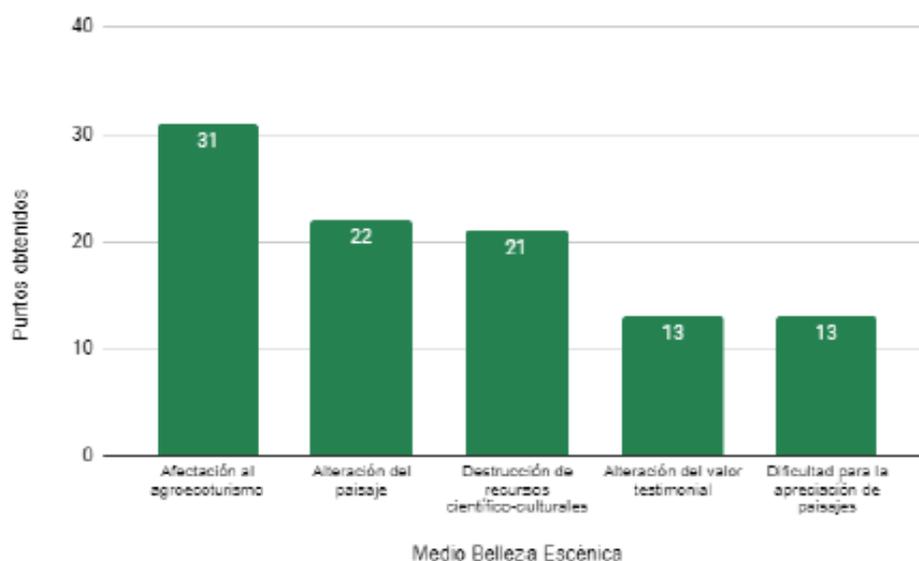
Marca solo un óvalo.

Sí

No

9. Por favor argumente su respuesta con su criterio de experto en el cultivo de café. (Esta argumentación es necesaria para completa el estudio) *

Evaluación de factores del medio "Belleza escénica", este medio tiene un total de 100 puntos a repartir entre los 5 factores. El gráfico muestra los resultados obtenidos, donde el factor "Afectación al agroecoturismo" cuenta con 31 puntos y el factor "Dificultad para la apreciación de paisajes" cuenta con 13 puntos.



10. ¿Está usted de acuerdo con los resultados? *

Marca solo un óvalo.

Sí

No

11. Por favor argumente su respuesta con su criterio de experto en el cultivo de café. (Esta argumentación es necesaria para completa el estudio) *

Anexo 5. Costos de producción de café

Actividad	Café	Lote		Medida	
Unidad de Costeo	1 ha	Rendimiento	556	Cajuela	
Sistema	Convencional				
Mano de obra	Medida	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total	%
Poda	HH	35	1200	₡ 42 000	1,81%
Deshija	HH	40	1200	₡ 48 000	2,07%
Arreglo de sombra	HH	25	1200	₡ 30 000	1,29%
Resiembra	HH	12	1200	₡ 14 400	0,62%
Fertilizaciones	HH	25	1200	₡ 30 000	1,29%
Aplicación de enmiendas	HH	12	1200	₡ 14 400	0,62%
Atomizaciones	HH	50	1200	₡ 60 000	2,59%
Control manual de malezas	HH	30	1200	₡ 36 000	1,55%
Aplicación de herbicidas	HH	25	1200	₡ 30 000	1,29%
Manejo y control de plagas	HH	15	1200	₡ 18 000	0,78%
Labores de mantenimiento de finca	HH	15	1200	₡ 18 000	0,78%
Sub Total				₡ 340 800	14,70%
Cargas Sociales			44%	₡ 149 202	6,43%
Total Costo MO				₡ 490 002	21,13%
Insumos	Medida	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total	
Almácigo	Planta	80	₡ 375	₡ 30 000,00	1,29%
Fungicida (piraclostrobina+epoxiconazol)	ml	2640	₡ 33	₡ 87 120,00	3,76%
Fungicida (Aoxystrobin+Ciproconazol)	ml	1600	₡ 57	₡ 91 200,00	3,93%
Coadyuvante	ml	1600	₡ 5	₡ 8 000,00	0,34%
Boro	ml	1320	₡ 5	₡ 6 996,00	0,30%
Zinc	ml	2000	₡ 6	₡ 12 600,00	0,54%
Calcio	ml	2000	₡ 6	₡ 11 580,00	0,50%
Potasio	ml	2000	₡ 8	₡ 15 240,00	0,66%
Multiminerales	ml	2000	₡ 6	₡ 12 600,00	0,54%
Glifosato	ml	2000	₡ 7	₡ 13 400,00	0,58%
Carbonato de calcio	Sacos	25	₡ 3 434	₡ 85 850,00	3,70%
10-30-10	Sacos	6	₡ 36 725	₡ 220 350,00	9,50%
18-5-15	Sacos	6	₡ 34 340	₡ 206 040,00	8,88%

Magnesamon	Sacos	6	₡ 35 552	₡ 213 312,00	9,20%
Nematicida	15 kg	2	₡ 34 185	₡ 68 370,00	2,95%
Bioestimulante	L	1	₡ 20 340	₡ 20 340,00	0,88%
Total de Materia Prima				₡ 1 102 998,00	47,56%
Cosecha					
Granea	Cajuela	83	1200	₡ 99 600	4,29%
Centros	Cajuela	390	1200	₡ 468 000	20,18%
Repela	Cajuela	83	1200	₡ 99 600	4,29%
Total costos Cosecha				₡ 667 200,00	
Costos indirectos					
Agua	m3	5	₡ 1 620,00	₡ 8 102	0,35%
Transporte de café	Fanega	27,5	₡ 1 848,00	₡ 50 820	2,19%
Total de Costos Indirectos				₡ 58 922	2,54%
Total de Costos de Producción				₡ 2 319 123	100,00%
Costo unitario por cajuela				₡ 4 171	
Costo total por fanega				₡ 83 422	
Supuestos					
El rendimiento se calcula en base al promedio de 27.5 fanegas de café, que equivalen a 556 fanegas de café.					
La resiembra se estima en 2%, partiendo de que una hectárea se compone de 4000 arbustos de café					
Se realizan 2 aplicaciones de boro y zinc, al igual que de calcio y potasio					
La jornada laboral se estima en 9500 colones en promedio					
Las horas hombre se estiman para 2 colaboradores por hectárea cuando no hay cosecha					
Cuando hay cosecha se calcula la cantidad de colaboradores temporales de 10 a 20					
Una fanega equivale a 400 L					
Costo de transporte de fanega está dado por la cantidad de viajes de finca a receptor, aproximadamente 4 km de distancia, para lo cual se calculó ida a receptor y regreso a finca, por lo que se realizarían 4.5 viajes para el transporte de 27.5 fanegas					

Anexo 6. Costos de producción de café con la inversión de SBP

Actividad	Café	Lote		Medida	
Unidad de Costeo	1 ha	Rendimiento	556	Cajuela	
Sistema	Convencional				
Mano de obra	Medida	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total	%
Poda	HH	35	1200	₡ 42 000	1,77%
Deshija	HH	40	1200	₡ 48 000	2,03%
Arreglo de sombra	HH	25	1200	₡ 30 000	1,27%
Resiembra	HH	12	1200	₡ 14 400	0,61%
Fertilizaciones	HH	25	1200	₡ 30 000	1,27%
Aplicación de enmiendas	HH	12	1200	₡ 14 400	0,61%
Atomizaciones	HH	50	1200	₡ 60 000	2,54%
Control manual de malezas	HH	30	1200	₡ 36 000	1,52%
Aplicación de herbicidas	HH	25	1200	₡ 30 000	1,27%
Manejo y control de plagas	HH	15	1200	₡ 18 000	0,76%
Labores de mantenimiento de finca	HH	15	1200	₡ 18 000	0,76%
Sub Total				₡ 340 800	14,40%
Cargas Sociales			44%	₡ 149 202	6,30%
Total Costo MO				₡ 490 002	20,70%
Insumos	Medida	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total	
Almácigo	Planta	80	₡ 375	₡ 30 000,00	1,27%
Fungicida (piraclostrobina+epoxiconazol)	ml	2640	₡ 33	₡ 87 120,00	3,68%
Fungicida (Azoxytrobin+Ciproconazol)	ml	1600	₡ 57	₡ 91 200,00	3,85%
Coadyuvante	ml	1600	₡ 5	₡ 8 000,00	0,34%
Boro	ml	1320	₡ 5	₡ 6 996,00	0,30%
Zinc	ml	2000	₡ 6	₡ 12 600,00	0,53%
Calcio	ml	2000	₡ 6	₡ 11 580,00	0,49%
Potasio	ml	2000	₡ 8	₡ 15 240,00	0,64%
Multiminerales	ml	2000	₡ 6	₡ 12 600,00	0,53%
Glifosato	ml	2000	₡ 7	₡ 13 400,00	0,57%
Carbonato de calcio	Sacos	25	₡ 3 434	₡ 85 850,00	3,63%

10-30-10	Sacos	6	₡ 36 725	₡ 220 350,00	9,31%
18-5-15	Sacos	6	₡ 34 340	₡ 206 040,00	8,71%
Magnesamon	Sacos	6	₡ 35 552	₡ 213 312,00	9,01%
Nematicida	15 kg	2	₡ 34 185	₡ 68 370,00	2,89%
Bioestimulante	L	1	₡ 20 340	₡ 20 340,00	0,86%
Total de Materia Prima				₡ 1 102 998,00	46,61%
Cosecha					
Granea	Cajuela	83	1200	₡ 99 600	4,21%
Centros	Cajuela	390	1200	₡ 468 000	19,77%
Repela	Cajuela	83	1200	₡ 99 600	4,21%
Total costos Cosecha				₡ 667 200,00	
Costos indirectos					
Agua	m3	5	₡ 1 620,00	₡ 8 102	0,34%
Transporte de café	Fanega	27,5	₡ 1 848,00	₡ 50 820	2,15%
Biobed	Unidad 200 L	1	₡ 39 792,00	₡ 39 792	1,68%
Costos de mantenimiento de SBP anual	Unidad	1	₡ 7 720,00	₡ 7 720	0,33%
Total de Costos Indirectos				₡ 106 434	4,50%
Total de Costos de Producción				₡ 2 366 635	100,00%
Costo unitario por cajuela				₡ 4 257	
Costo total por fanega				₡ 85 131	
Supuestos					
El rendimiento se calcula en base al promedio de 27.5 fanegas de café, que equivalen a 556 fanegas de café.					
La resiembra se estima en 2%, partiendo de que una hectárea se compone de 4000 arbustos de café					
Se realizan 2 aplicaciones de boro y zinc, al igual que de calcio y potasio					
La jornada laboral se estima en 9500 colones en promedio					
Las horas hombre se estiman para 2 colaboradores por hectárea cuando no hay cosecha					
Cuando hay cosecha se calcula la cantidad de colaboradores temporales de 10 a 20					
Una fanega equivale a 400 L					
Costo de transporte de fanega está dado por la cantidad de viajes de finca a receptor, aproximadamente 4 km de distancia, para lo cual se calculó ida a receptor y regreso a finca, por lo que se realizarían 4.5 viajes para el transporte de 27.5 fanegas					