

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



**MEJORA DE PROCESOS EN LA PRODUCCIÓN DE CAFÉ ORGÁNICO PERUANO
BAJO EL ENFOQUE DE CICLO DE VIDA**

Tesis para obtener el título profesional de Ingeniera Industrial

AUTORA:

Shirley Muñoz Borja

ASESORA:

María Isabel Quispe Trinidad

Lima, mayo, 2022

RESUMEN

El objetivo general de la presente tesis es elaborar una propuesta de mejoras en los procesos de obtención de café orgánico utilizando el enfoque de ciclo de vida. Teniendo como finalidad elevar la productividad y la calidad del café; mejorar el desempeño ambiental de la cooperativa en estudio y aumentar su competitividad.

Para el diagnóstico del desempeño ambiental y productivo del café orgánico se emplea las herramientas de Análisis de Ciclo de Vida (ACV) y el diagrama de Ishikawa. El ACV revela que la etapa de mayor impacto ambiental en el ciclo de vida del café es el beneficio húmedo y secado pues representa el 92.69% del total de emisiones de kg de CO₂ eq, siendo su origen, la descomposición ambiental de los residuos sólidos generados. Ishikawa revela que la falta de un manejo integrado de plagas, la poca frecuencia de abonamiento, los procesos no estandarizados, la poca limpieza y orden en el área de trabajo son los causantes del incumplimiento de los acopios y la baja calidad de café.

Luego se plantea la implementación de las propuestas de mejora en las etapas de ciclo de vida del café. Las 5S pretende transformar el área de trabajo en un entorno limpio y ordenado. Por su parte, las estrategias de Producción más Limpia (PML) lograría una producción de café 48.6% superior al promedio y una mejor calidad de taza que representa un ingreso adicional de 41.7%.

Finalmente, se realiza una evaluación económica de las propuestas planteadas en las etapas de ciclo de vida y se determina que se deben implementar estas propuestas de mejora porque son económicamente factibles. La inversión inicial es de S/. 17 844 y el beneficio anual es de S/. 13 876. Además, el ratio beneficio/costo es de 2.11 y el tiempo de recuperación es de dos años.

TEMA DE TESIS

PARA OPTAR : Título de Ingeniera Industrial
ALUMNA : Shirley Muñoz Borja
CÓDIGO : 20114271
PROPUESTO POR : Dra. María Isabel Quispe Trinidad
ASESORA : Dra. María Isabel Quispe Trinidad
TEMA : Mejora de procesos en la producción de café orgánico peruano bajo el enfoque de ciclo de vida
FECHA : 30 de marzo de 2022

JUSTIFICACIÓN

The International Coffee Organization afirma que, en los últimos veinte años, la demanda mundial del café ha incrementado en un 65% ya que tanto los países productores de café como los países de economías emergentes han elevado el consumo de productos tradicionales¹ (2019). Además, durante la campaña 2019/2020, United States Department of Agriculture señala que el 56.6% de la producción mundial se le atribuye a la especie arábica que sumó 168.49 millones de bolsas de 60 kg de café² (2020). Por su parte, la Junta Nacional de Café sostiene que en el Perú se produce únicamente dicha especie y sus variedades más representativas son dos: Typica (70%) y Caturra (20%)³ (2020).

El café es uno de los principales productos agrícolas cosechados en la superficie nacional y el

¹ International Coffee Organization. (2019). *Informe de la OIC sobre desarrollo cafetero de 2019* [Sumario]. Recuperado de <http://www.ico.org/documents/cy2018-19/ed-2318c-overview-flagship-report.pdf>

² United States Department of Agriculture – USDA. (2020). *Coffee: World markets and trade* [Reporte]. Recuperado de <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/coffee.pdf>

³ Junta Nacional del Café. (2020, septiembre 2). El café de Perú. Recuperado de <https://juntadelcafe.org.pe/el-cafe-de-peru/>

número de hectáreas se ha incrementado a través de los años. Según precisa el Sistema Integrado de Estadísticas Agrarias, durante el 2019, 438.18 mil hectáreas del territorio peruano fueron dedicadas a este cultivo. Otro dato importante es que se tuvo una producción de 360.67 mil toneladas y un rendimiento promedio de 0.82 toneladas de café por hectárea⁴ (2020).

En la actualidad, el mercado internacional prefiere optar por el consumo de productos orgánicos que garanticen el uso responsable de los recursos y la protección al ambiente. El Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego asevera que el Perú se encuentra entre los cuatro principales exportadores de café orgánico; se produce en 95600 hectáreas certificadas y los departamentos de mayores envíos al extranjero son: Cajamarca, Junín y San Martín⁵ (2021). Sin embargo, la mayoría de las organizaciones que asocian a los productores cafetaleros no cuentan con estudios ambientales que los respalden ante las nuevas exigencias del mercado.

Entonces, para realizar un estudio se necesita un alcance mayor al tradicional que suele centrarse en los procesos de producción. El pensamiento de ciclo de vida incluye los aspectos económicos, sociales y ambientales de un producto de forma holística e integradora sobre su ciclo de vida⁶ (Jacob et al., 2021). El Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente expresa que tener un enfoque de ciclo de vida se puede manifestar en cuatro aspectos. En primer lugar, la toma de decisiones se debe formular considerando el largo plazo. En segundo lugar, es importante que se tome conciencia de que las elecciones que tomemos no son independientes porque todo forma parte de un sistema amplio. En tercer lugar, la información es fundamental antes de una

⁴ Sistema Integrado de Estadísticas Agrarias. (2020, diciembre 8). Dashboard temáticos – MINAGRI. Recuperado de http://siea.minagri.gob.pe/portal/siea_bi/index.html

⁵ Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. (2021, abril 4). Café orgánico: Productores peruanos exportaron más de 67 mil toneladas durante el 2020 por un valor que supera los U\$215 millones. Recuperado de <https://www.gob.pe/institucion/midagri/noticias/366255-cafe-organico-productores-peruanos-organizados-exportaron-mas-de-67-mil-toneladas-durante-el-2020-por-un-valor-que-supera-los-u-215>

⁶ Jacob, E., Queiroz, L., & Costa, M. (2021). *Sustainability Metrics and Indicators of Environmental Impact: Industrial and Agricultural Life Cycle Assessment*. Elsevier.

elección. Por último, bajo un pensamiento de ciclo de vida se lograr realizar cambios significativos en beneficio a todo el sistema en vez que a solo una parte de éste. En otras palabras, se debe considerar una solución que no perjudique el siguiente proceso u otro medio (suelo, aire o agua)⁷ (2004).

La presente tesis realizará un diagnóstico de la situación actual de la cooperativa cafetalera en estudio. De esta manera, identificar los problemas existentes en las etapas de ciclo de vida del café orgánico y determinar cuáles son las causas que los originan. Una vez establecidos los puntos críticos, se deben elaborar propuestas de mejora que contrarresten y aborden todo el problema. Todo ello con el fin de elevar la productividad y la calidad del café; mejorar el desempeño ambiental de la organización y ser más competitivos en el mercado internacional.

OBJETIVO GENERAL

Elaborar una propuesta de mejoras en los procesos de obtención de café orgánico utilizando el enfoque de ciclo de vida.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Describir el sector café, las herramientas de diagnóstico y mejora de procesos que se utilizará en el desarrollo de la tesis. Así como dar a conocer el enfoque de ciclo de vida.
- Presentar una descripción de la cooperativa cafetalera en estudio indicando, principalmente, los procesos que intervienen en la obtención del café verde, su organización, principios y recursos.
- Realizar un diagnóstico de la situación actual del proceso productivo del café orgánico,

⁷ Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente – PNUMA. (2004). *¿Por qué adoptar un enfoque de ciclo de vida?* [Publicación]. Recuperado de https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/1731Why_take_a_life_cycle_approach_ES.pdf

por medio de la aplicación del Análisis de Ciclo de Vida y el diagrama de Ishikawa, e identificar los principales problemas y las causas raíz.

- Elaborar propuestas de mejora, en base al diagnóstico realizado, utilizando las que cumplan la función de ser medidas correctivas en las etapas de ciclo de vida de café de mayor incidencia.
- Evaluar el costo-beneficio de las propuestas de mejora a ser implementadas.

PUNTOS A TRATAR

a. Marco teórico

Se presentará un panorama general de la situación actual del café en el Perú. También, los procesos y actores involucrados en la cadena productiva. Luego, se describirán y explicarán las metodologías que ayudarán en el diagnóstico y en la elaboración de la propuesta de mejoras. Por un lado, las herramientas de diagnóstico serán el ACV y diagrama de Ishikawa. Por otro lado, las herramientas de mejora se basarán en las 5S, PML y el compostaje.

b. Descripción de la empresa

Se realizará una descripción de la cooperativa en estudio y se detallará a qué sector pertenece, cuál es su producto principal, sus clientes y las entidades participantes. Además, se describirán los principios y valores que rigen el funcionamiento de la organización, el proceso productivo del café verde, los recursos, equipos, herramientas, instalaciones y medios operativos.

c. Diagnóstico de la empresa

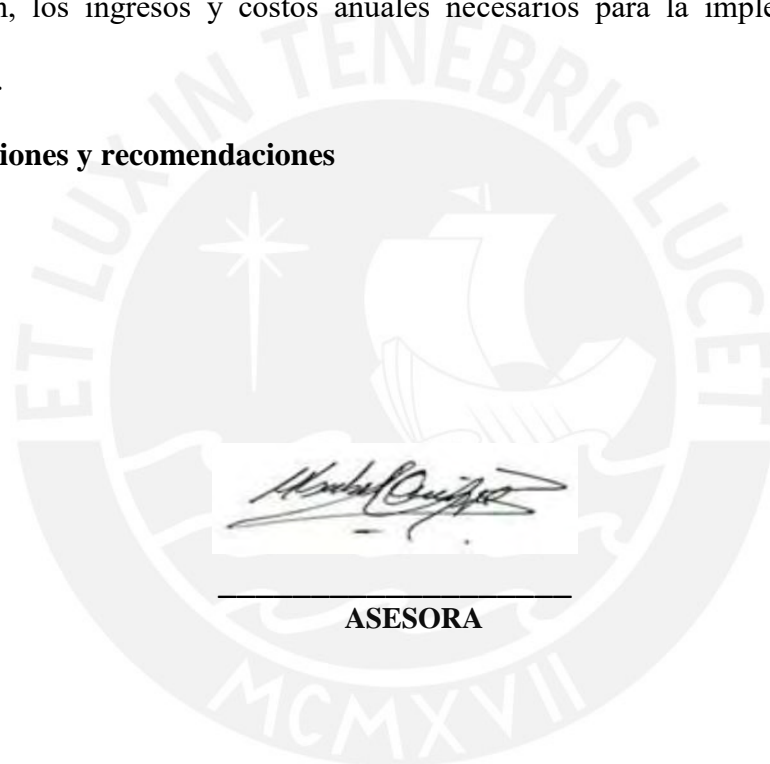
Se realizará el diagnóstico del actual desempeño ambiental y productivo del café orgánico peruano, mediante las herramientas de ACV y el diagrama de Ishikawa, y se identificarán las causas de los principales problemas

d. Propuestas de mejora

Con base en los hallazgos del diagnóstico actual de la organización, se planteará la implementación de las propuestas de mejora en las etapas de ciclo de vida del café. Para la realización de ello, se empleará la metodología de las 5S y las estrategias de PML.

e. Evaluación económica

Se desarrollará una evaluación costo-beneficio de cada una de las propuestas de mejora que atañen las diferentes etapas del ciclo de vida del café. Así, se calculará cuánto es la inversión, los ingresos y costos anuales necesarios para la implementación de estas medidas.

f. Conclusiones y recomendaciones

ASESORA



DEDICATORIA

A Dios, por su infinito amor y fidelidad.

A mis padres, Leticia y Oscar, por brindarme la oportunidad de estudiar. Esta tesis es un reconocimiento a su sacrificio, protección y amor.

A Dixie, mi hija perruna, que me regaló su amor y compañía por más de 15 años.



AGRADECIMIENTOS

A mi asesora, la Dra. Isabel Quispe, por su dedicación, compañía y aliento. Usted ha sido una pieza fundamental para que culmine esta etapa. Gracias por ser luz en mi vida.

Gracias Ángel Vásquez, mi amigo en la distancia, por tu paciencia y humildad al compartir tus conocimientos y experiencias en el sector cafetalero.

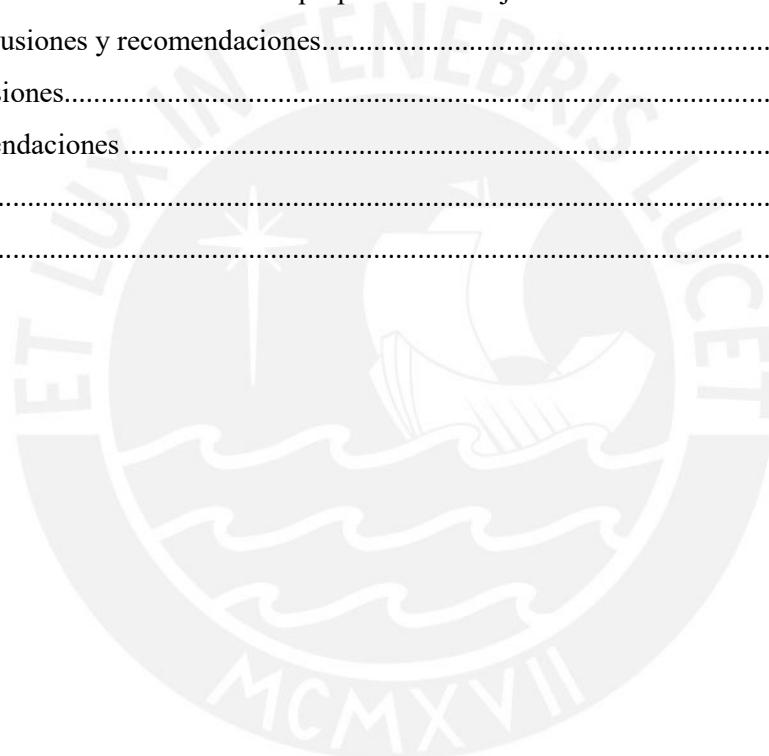
A mis amigos que se involucraron en este proceso, me apoyaron y motivaron a culminar la tesis. Gracias por sus consejos y ser parte de mi vida.

A los productores cafetaleros que me acogieron con mucha hospitalidad en mis visitas de estudio. Gracias por las conversaciones entabladas y los gratos momentos.

ÍNDICE GENERAL

| | |
|---|------|
| Índice de tablas | xii |
| Índice de figuras..... | xiii |
| Índice de anexos..... | xiv |
| Capítulo 1. Marco teórico | 1 |
| 1.1. El sector café | 1 |
| 1.1.1 El café en el Perú | 2 |
| 1.1.2 Cadena productiva del café..... | 5 |
| 1.2. Herramientas de diagnóstico | 11 |
| 1.2.1 Análisis de Ciclo de Vida..... | 11 |
| 1.2.2 Diagrama de Ishikawa..... | 14 |
| 1.3. Herramientas para la mejora de procesos en la producción de café | 16 |
| 1.3.1 Las 5S..... | 16 |
| 1.3.2 Producción más Limpia (PML)..... | 19 |
| 1.3.3 Compostaje | 21 |
| Capítulo 2. Descripción de la empresa..... | 25 |
| 2.1. Sector y actividad económica | 25 |
| 2.2. Clientes y productos principales..... | 26 |
| 2.3. Perfil organizacional y principios empresariales..... | 28 |
| 2.4. Entidades participantes..... | 31 |
| 2.5. Mapa relacional del negocio..... | 34 |
| 2.6. Organización y recursos humanos | 35 |
| 2.7. Descripción del proceso de obtención del café verde..... | 38 |
| 2.8. Instalaciones y medios operativos | 50 |
| Capítulo 3. Diagnóstico de la empresa..... | 53 |
| 3.1. Aplicación del Análisis de Ciclo de Vida..... | 53 |
| 3.1.1 Objetivo y alcance..... | 54 |
| 3.1.2 Análisis del inventario de ciclo de vida | 58 |
| 3.1.3 Evaluación de impactos ambientales | 65 |
| 3.1.4 Interpretación de resultados | 67 |
| 3.2. Aplicación del diagrama de Ishikawa..... | 70 |
| 3.2.1 Etapa de vivero | 70 |
| 3.2.2 Etapa de cultivo..... | 71 |
| 3.2.3 Etapa de beneficio húmedo y secado | 73 |
| 3.2.4 Etapa de trillado y puesto en puerto..... | 74 |
| 3.3. Resultados del diagnóstico | 75 |

| | |
|--|-----|
| Capítulo 4. Propuestas de mejora..... | 81 |
| 4.1. Propuesta de mejora en la etapa de cultivo..... | 81 |
| 4.1.1 Aplicación de estrategias de PML | 81 |
| 4.2. Propuesta de mejora en la etapa de beneficio húmedo y secado | 87 |
| 4.2.1 Aplicación de las 5S..... | 88 |
| 4.2.2 Aplicación de estrategias de PML | 96 |
| Capítulo 5. Evaluación económica..... | 111 |
| 5.1. Evaluación económica de la propuesta de mejora en la etapa de cultivo | 111 |
| 5.2. Evaluación económica de la propuesta de mejora en la etapa de beneficio húmedo y secado | 113 |
| 5.3. Análisis Beneficio - Costo de las propuestas de mejora..... | 121 |
| Capítulo 6. Conclusiones y recomendaciones..... | 124 |
| 6.1. Conclusiones..... | 124 |
| 6.2. Recomendaciones | 125 |
| Bibliografía | 127 |
| Anexos | 133 |



Índice de tablas

| | |
|---|-----|
| Tabla 1. Relación de productores encuestados | 55 |
| Tabla 2. Inventario en la etapa de vivero - germinador | 59 |
| Tabla 3. Inventario en la etapa del vivero..... | 59 |
| Tabla 4. Inventario en la etapa del cultivo | 61 |
| Tabla 5. Inventario en la etapa de la cosecha..... | 62 |
| Tabla 6. Inventario en la etapa del beneficio húmedo y secado..... | 63 |
| Tabla 7. Inventario en la etapa del trillado y puesto en puerto | 64 |
| Tabla 8. Cálculo de emisiones | 65 |
| Tabla 9. Cantidades y precios de los subproductos | 66 |
| Tabla 10. Emisiones totales por cada categoría de impacto..... | 67 |
| Tabla 11. Emisiones de cada proceso y representación porcentual | 68 |
| Tabla 12. Emisiones por unidad funcional de cada productor | 69 |
| Tabla 13. Resultados del diagnóstico organizacional utilizando Análisis de Ciclo de Vida | 76 |
| Tabla 14. Resultados del diagnóstico organizacional utilizando Ishikawa | 76 |
| Tabla 15. Contramedidas para cada problema identificado | 79 |
| Tabla 16. Tipos de residuos generados por la producción de café..... | 98 |
| Tabla 17. Costo anual asociado al manejo integrado de plagas..... | 111 |
| Tabla 18. Costo anual asociado a la fertilización..... | 112 |
| Tabla 19. Costo total anual de la propuesta de mejora en la etapa de cultivo..... | 112 |
| Tabla 20. Inversión asociada a la implementación de las 5S | 114 |
| Tabla 21. Inversión asociada al módulo de secador solar | 115 |
| Tabla 22. Inversión de la propuesta de mejora en la etapa de beneficio húmedo y secado | 115 |
| Tabla 23. Costo anual asociado a la implementación de las 5S..... | 116 |
| Tabla 24. Costo anual asociado a la revisión técnica de equipos..... | 117 |
| Tabla 25. Costo anual asociado al tratamiento de aguas residuales..... | 117 |
| Tabla 26. Costo anual asociado al compostaje | 118 |
| Tabla 27. Costo total anual de la propuesta de mejora en la etapa de beneficio húmedo y secado | 118 |
| Tabla 28. Beneficio total anual de la propuesta de mejora en la etapa de beneficio..... | 121 |
| Tabla 29. Análisis beneficio – costo de las propuestas de mejora | 122 |

Índice de figuras

| | |
|---|-----|
| Figura 1. Cadena Productiva del Café | 11 |
| Figura 2. Fases del Análisis de Ciclo de Vida | 13 |
| Figura 3. Diagrama de Ishikawa | 16 |
| Figura 4. Metodología de las 5S | 17 |
| Figura 5. Fases del compostaje | 23 |
| Figura 6. Mapa Relacional | 34 |
| Figura 7. Organigrama de la Cooperativa | 37 |
| Figura 8. Chapolas | 40 |
| Figura 9. Plántulas de café | 41 |
| Figura 10. Cosecha de cerezos | 42 |
| Figura 11. Área de secado de café | 44 |
| Figura 12. Café verde | 46 |
| Figura 13. Diagrama SIPOC | 47 |
| Figura 14. DOP del café verde | 49 |
| Figura 15. Medidor de humedad | 51 |
| Figura 16. Tostadora de café | 51 |
| Figura 17. Trilladora de café | 51 |
| Figura 18. Despulpadora | 52 |
| Figura 19. Tanque tina | 52 |
| Figura 20. Alcance del estudio | 54 |
| Figura 21. Entrevistas realizadas | 57 |
| Figura 22. Entradas y salidas del proceso de trillado | 66 |
| Figura 23. Emisión de los elementos que intervienen en la producción de pergamino seco | 68 |
| Figura 24. Histograma de las emisiones totales por unidad funcional | 70 |
| Figura 25. Diagrama de Ishikawa correspondiente al problema de las plántulas de baja resistencia ... | 71 |
| Figura 26. Diagrama de Ishikawa correspondiente al problema de incumplimiento del compromiso de acopio | 72 |
| Figura 27. Diagrama de Ishikawa correspondiente al problema de baja calidad de taza | 73 |
| Figura 28. Diagrama de Ishikawa correspondiente al problema de incumplimiento de los cronogramas establecidos | 75 |
| Figura 29. Trampa para broca | 84 |
| Figura 30. Abonamiento de un cafeto | 87 |
| Figura 31. Tarjeta de clasificación | 88 |
| Figura 32. Cáscara y pulpa de café | 90 |
| Figura 33. Estante de Guayaquil | 91 |
| Figura 34. Almacenamiento de café pergamino seco | 92 |
| Figura 35. Forma actual de trabajo | 94 |
| Figura 36. Ficha de evaluación del nivel de cumplimiento | 95 |
| Figura 37. Cronograma de implementación de las 5S | 96 |
| Figura 38. Diagrama de bloques del tratamiento de aguas residuales | 101 |
| Figura 39. Proceso de compostaje | 103 |
| Figura 40. Secador solar | 107 |

Índice de anexos

| | |
|--|------------|
| Anexo A. Croquis general de la Cooperativa | 133 |
| Anexo B. Cuestionario para levantamiento de información | 134 |
| Anexo C. Inventarios de las 30 unidades productoras | 144 |



Capítulo 1. Marco teórico

1.1. El sector café

El café pertenece a la familia botánica *Rubiaceae*, al género *Coffea* y alberga a 25 especies principales. De éstas, desde un enfoque económico, las más importantes son *Coffea Arábica* y *Coffea Canephora* (ICO, 2020a). De la producción mundial, al café arábica, caracterizado por ser de alta calidad, se le atribuye el 56.6% de la campaña 2019/2020 que sumó un total de 168.49 millones de bolsas de 60 kg de café (USDA, 2020). Brasil es considerado el primer productor de café arábica (42%), sin embargo, durante las heladas del 2019 disminuyó notablemente su producción (USDA, 2019). Por el contrario, los países que aumentaron su producción fueron Colombia (15%), Etiopía (8%), México (5%) y Perú (5%), quinto productor a nivel mundial de café arábica (USDA, 2019).

La demanda mundial del café ha incrementado en un 65% en los últimos veinte años como consecuencia de que países productores de café y los de economías emergentes aumentaron su consumo en productos tradicionales (ICO, 2019). También, se intensificaron otros mercados como el de cafés especiales que destacan por ofrecer a los consumidores innovación en los sabores (ICO, 2019). Durante la campaña 2019/2020, Europa fue el continente de mayor consumo de café con 3 305 400 toneladas de café (32% del consumo total). Seguida de Asia y Oceanía, 37 070 toneladas de café y Norteamérica con un consumo de 31 430 toneladas de café (ICO, 2020b).

Por otro lado, los precios internacionales establecidos por la Bolsa de Nueva York han disminuido considerablemente. Desde el 2016, se presenta un evidente descenso ya que el precio estuvo 30% por debajo del promedio de la última década (ICO, 2019). Sin embargo, se

presenta una marcada tendencia al ascenso y a la recuperación de los precios en el año cafetero 2020/2021. Un claro ejemplo es el precio medio de 195.17 centavos de dólar por libra de café, registrado en noviembre del 2021, que ha sido el más alto desde el 2011 (ICO, 2021).

1.1.1 El café en el Perú

Existe una gran dispersión territorial en la producción del café. En un informe desarrollado por el Instituto Nacional de la Innovación Agraria (2019), se estableció una clasificación de los principales departamentos cafetaleros:

- *Cluster* del norte: Conformado por los departamentos de Cajamarca, Amazonas y San Martín. Cada uno de estos es representado por diferentes provincias en donde se concentra la mayor producción. Por ejemplo, San Ignacio y Jaén, Rodríguez de Mendoza y Moyobamba, respectivamente.
- *Cluster* de la selva central: Conformado por los departamentos de Pasco y Junín, siendo en este último donde se concentran las provincias más representativas: Satipo y Chanchamayo.
- *Cluster* del sur: Conformado por los departamentos de Cusco y Puno, en la que la provincia de La Convención es la más representativa.

De acuerdo con el IV Censo Nacional Agropecuario (2012) se estimó que el café se cultiva en 425 400 hectáreas. Éstas, a su vez, se dividen en 15 regiones, 95 provincias y 450 distritos. Además, otros datos reveladores fueron aquellos que caracterizan a los productores de este producto agrícola. Son más de 223 mil familias que en su mayoría, el 85%, posee terrenos menores a 5 hectáreas. Alrededor del 80% de los productores no se encuentran organizados bajo ningún régimen, manejan de manera tradicional sus parcelas (sin un enfoque

empresarial ni técnico) y no pueden acceder a créditos. Además, el 65% de los productores son mayores de 50 años. Esta última cifra permite reflexionar sobre la importancia de dejar el legado de la agricultura a las siguientes generaciones. Es usual que los jóvenes dejen su vida en el campo y busquen desarrollarse en las ciudades. Sin embargo, se puede revertir esta tendencia si se trata de reforzar las capacidades de los productores y se logra la profesionalización en la agricultura.

Durante el 2019, la producción nacional de café fue de 364 mil toneladas y los departamentos de Junín y San Martín se distinguieron de las demás pues ambas representaban el 45% del total producido. Una situación similar se refleja el año anterior pues su participación fue del 49% aunque su producción fue 9.6% mayor. Otras regiones que han tenido un descenso productivo fueron Amazonas, Cusco, Pasco y Ayacucho con 1.2%, 3%, 15.6% y 28.5%, respectivamente. En otro escenario, se logró incrementar la producción en las regiones de Cajamarca en un 12% y en menor medida en las regiones de Huánuco, Ucayali y Puno (DGPA, 2020).

En el país, solo se cultiva las especies del café Arábica y es una situación complicada según revela una investigación del Royal Botanic Gardens, Kew que indica que “el 60% de las especies de café arábica silvestre se pueden extinguir para el año 2088” (Kew, 2019). La calidad y el rendimiento de los granos de café se han visto afectados por causas naturales y las originadas por el hombre. Principalmente, el aumento de temperatura, el descenso de la precipitación, la variación de la periodicidad de lluvias aunado a una mayor proliferación de enfermedades y plagas inciden negativamente en los costos de producción. Todo ello representará una amenaza del abastecimiento de café a nivel local a largo plazo y la vulneración económica de los productores.

Las áreas cosechadas de café han crecido a una tasa promedio de 1.7% al año en las últimas dos décadas, pero el año 2019 fue muy duro pues se dejaron de cosechar 72.9 mil hectáreas que se traduce a una caída de 16.8% (DGPA, 2020). Esta situación se explica por la crisis de precios que repercute contra los productores peruanos que no recuperan los costos de producción y optan por abandonar sus plantaciones o por migrar a otro tipo de cultivos.

El café peruano ha ingresado a competir en grandes mercados internacionales. El 2019, las exportaciones de café peruano se destinaron a 55 mercados. Los principales países fueron Estados Unidos y Alemania porque abarcan el 47.7% en volumen y 49.9% en valor exportado (JNC,2020). Los requerimientos de los clientes extranjeros se agrupan en tres tipos de demanda: café *mainstream*, café certificado y café de nicho (CPC & JNC, 2017).

- **Café *mainstream*:** También conocido café convencional representó 80% de las exportaciones del año 2017. Siendo Estados Unidos, Alemania, Bélgica y Corea los principales países destino.
- **Café certificado:** Entre las certificaciones requeridas destacan *Fair Trade*, *Rainforest* y *UTZ* (Coffee Productions, 2017). Los países destino de este tipo de producto son: Estados Unidos, Alemania, Bélgica.
- **Café de nicho o especialidad:** Solamente representan el 2.5% del total de exportaciones. Sin embargo, su calidad es superior porque son los cafés de mayor puntaje de taza por ello se le atribuye los nombres de cafés *gourmet* o de alta calidad. El 60% de la demanda de países como Estados Unidos, Alemania, Bélgica y Francia lo satisfacen las cooperativas cafetaleras.

1.1.2 Cadena productiva del café

La cadena productiva se define como un “conjunto de agentes económicos interrelacionados por el mercado desde la provisión de insumos, producción, transformación y comercialización hasta el consumidor final” (Dirección General de Promoción Agraria, 2015, p. 11). Entonces, si trasladamos esa definición al sector agrícola, el origen del producto final sería en la finca de un agricultor. Además, con una correcta intervención y cohesión de los agentes de la cadena se logrará potencializar al sector como tal. Para lo cual, se debe buscar la ejecución de prácticas bajo un enfoque de equidad de género, social, económica, entre otras, y una participación responsable.

Para explicar los procesos y agentes que intervienen en la cadena productiva del café se plantea una división de tres etapas: Obtención del cerezo, producción del café pergamino seco e industrialización.

1. Obtención del café cerezo: Los productores cafetaleros son quienes aportan la mano de obra y, en muchas ocasiones, el capital para iniciar la producción del café. Las actividades que realiza en la finca para obtener un cafeto en edad productiva se inician en la germinación de semillas hasta la cosecha del café cerezo.

- Germinador: El productor elabora germinadores con semillas seleccionadas por ellos mismos o adquiridas. Aproximadamente, a los dos meses se obtiene una chapola, que es la etapa más prematura del café y a la que le ha brotado el primer par de hojas. Si están en buen estado están listas para ser llevada a los viveros.
- Vivero: A los 5 o 6 meses de vida de la planta se obtiene una plántula con las condiciones adecuadas para ser trasplantado al terreno definitivo.

- Cultivo: Se debe limpiar el terreno antes de realizar el ahoyado y trasplante de la plántula. Durante los siguientes meses se realiza un control de plagas y enfermedades, el respectivo abonamiento o fertilización, podas y deshierbo de malezas. Cuando la plántula alcanza una edad productiva (3 años) se le denomina cafeto y es en esta edad que empiezan a dar los primeros frutos.
- Cosecha: La campaña de cosecha consiste en recolectar manualmente todos los cerezos que produce un cafeto. Posteriormente, los cerezos seguirán otros procesos de transformación.

Dentro de estas primeras etapas que sigue el café, se inicia la participación de proveedores y otros actores. Los proveedores son quienes les brindan los insumos necesarios a los productores cafetaleros como las herramientas, los sacos, los fertilizantes, las semillas o plántulas. Se puede dar el caso que el productor adquiera plántulas y evite las actividades anteriores de germinación y vivero.

También, se tienen proveedores de asistencia técnica cuyo trabajo se centra en potencializar las habilidades y conocimientos de los productores. Si bien es cierto, no todos los productores cafetaleros se encuentran bajo un régimen organizacional (cooperativas, comités, empresas, entre otras) por lo que el apoyo de agencias internacionales de cooperación técnica, los gremios o las organizaciones no gubernamentales es importante para asistirlos en temas de competitividad, productividad e innovación.

En cuanto a los actores o entes se tienen a aquellos que les proveen financiamiento como los bancos, cajas rurales o las cajas municipales. Así, con este dinero los productores

pueden disponerlos a diferentes actividades como reparación / compra de equipos o la adquisición de los insumos.

2. Producción del café pergamino seco: Para que el cerezo sea transformado en café pergamino seco se debe seguir una secuencia de procesos.

- **Despulpado:** Los cerezos son despulpados por medio de una máquina despulpadora la cual retira la cáscara y pulpa de cerezo. Se obtiene café en baba.
- **Fermentado:** El café en baba se deja reposar en unos tanques tinas hasta que alcance su estado de fermentación.
- **Lavado:** El café fermentado se lava para retirar los restos de mucílago que lo rodean.
- **Secado:** El café lavado procede a ser secado bajo el sol o en módulos de secado hasta que alcance una humedad del 11% y se le denomina café pergamino seco.
- **Acopio:** El paso siguiente es que el productor venda el café pergamino. Puede ser de manera independiente o según el régimen al que pertenezca. Es decir, si es socio de una cooperativa debe acopiar su producción de pergamino a la organización.

En un contexto general, durante el proceso de acopio intervienen pequeños acopiadores locales, que se encuentran muy cercanos a las zonas de producción, asociaciones de productores, minoristas y mayoristas ubicados en las principales ciudades. Entre los proveedores de servicios se tiene a las certificadoras que garantizan producciones orgánicas, el cuidado con el medio ambiente o el comercio justo.

3. Industrialización: El café para que sea comercializado debe seguir un proceso adicional: el trillado. Entonces, el café pergamino seco se deriva a otras empresas para trillarlo. En la etapa de trillado se retira la cáscara que rodea al café pergamino. El alcance de esta tesis

es hasta este último proceso. No obstante, en otros escenarios el café verde sigue otros procesos adicionales. Las empresas tuestan, muelen y empaquetan el café y se obtendrá café molido como producto final, el cual será distribuido en tiendas, restaurantes o supermercados.

Casi la totalidad del café verde peruano se comercializa en mercados internacionales. Se exporta por vía marítima, principalmente, a través de 2 puertos: Callao y Paita. Son las grandes empresas tostadoras quienes compran el café verde según sus requerimientos en temas de calidad o tipos de certificación (café orgánico, comercio justo, solidario, otros) a un precio establecido por la Bolsa de Nueva York. La otra proporción que no es exportada a los grandes mercados, considerados como cafés de segunda o de descarte, se vende en el mercado nacional. Sin embargo, suelen reingresar al país bajo el nombre de marcas reconocidas de cafés solubles.

Después de haber desarrollado los principales eslabones de la cadena productiva del café, se mencionan todos los actores que intervienen en el sector cafetalero peruano. Para ello, se realiza una clasificación de acuerdo a la propuesta metodológica de PCV – PNDU (2016). Las cuatro divisiones son: sector público, sector privado, sociedad civil y socios para el desarrollo.

- Sector público:
 - Ministerio de Agricultura y Riego
 - Ministerio de Producción
 - Ministerio del Ambiente
 - Ministerio de Comercio Exterior y Turismo
 - Ministerio de Economía y Finanzas
 - Servicio Nacional de Sanidad Agraria
 - Instituto Nacional de Innovación Agraria

- Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica.
- Comisión de Promoción del Perú para la Exportación y Turismo.
- Fondo Nacional de Capacitación Laboral y de Promoción del Empleo
- Programa de Compensaciones para la Competitividad
- Comisión para el Desarrollo y la Vida sin Drogas
- Instituto Nacional de Calidad
- Comisión Agraria del Congreso
- Gobiernos regionales
- Gobiernos locales
- Sierra y Selva exportadora
- Sector privado:
 - Agrobanco
 - Asociación de Exportadores
 - Fondo de Garantía Latinoamericano
 - Central Café y Cacao Perú
 - Cooperativa de Ahorro y Crédito para la Integración y Desarrollo Rural
 - Banca Solidaria
 - Junta Nacional del Café
 - Federaciones nacionales y regionales
 - Sector Financiero Nacional
 - Productores no organizados
 - Intermediarios
 - Exportadores y procesadoras
 - Industrias (tostadoras)

- Proveedores
- Certificadoras

- Sociedad civil:
 - Universidades
 - Central Café & Cacao del Perú
 - Mesas Técnicas Regionales
 - Centros de Innovación Productiva y Transferencia Tecnológica
 - ONG' s nacionales e internacionales.

- Socios para el desarrollo:
 - Secretaría de Estados para Asuntos Económicos de Suiza
 - Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura
 - Agencia para el Desarrollo Internacional del Gobierno de los Estados Unidos de América
 - Banco Interamericano de Desarrollo
 - Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
 - Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola
 - Conservación Internacional
 - Unión Europea

En la figura 1. se muestra la cadena productiva del café en el Perú, considerando los principales actores que tienen un gran aporte y participación para el funcionamiento continuo e ininterrumpida de la cadena. Se observa como el café va desde los productores hacia

diferentes eslabones hasta llegar al mercado internacional, en su gran mayoría, y al mercado nacional.

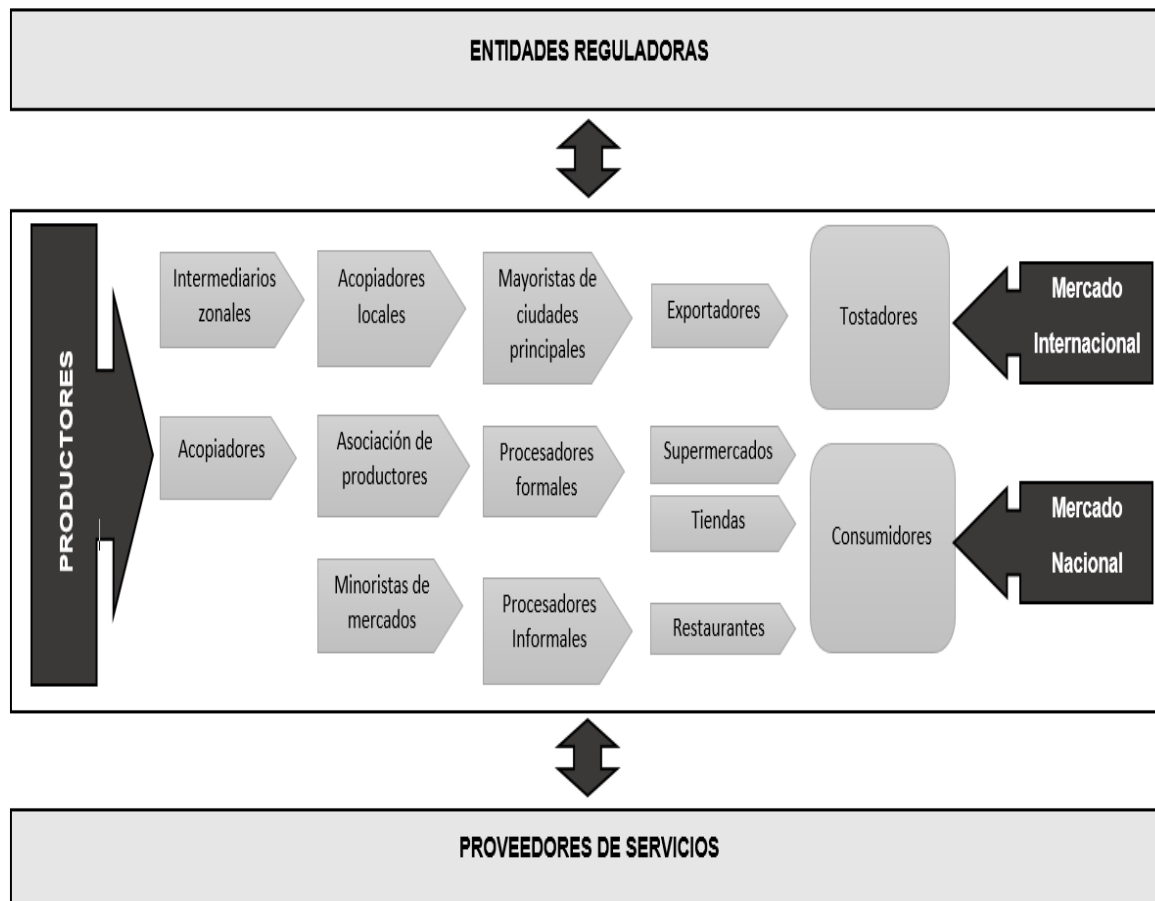


Figura 1. Cadena Productiva del Café

Fuente: Adaptado de “Perfil de Contenido para el Estudio de Caso de Adaptación del Enfoque Participativo de Cadenas Productivas en la Cadena de Café”

1.2. Herramientas de diagnóstico

1.2.1 Análisis de Ciclo de Vida

La primera definición acuñada al Análisis de Ciclo de Vida fue por parte de la *Society of Environmental Toxicology and Chemistry* que la describió de la siguiente manera:

Es un procedimiento objetivo de evaluación de cargas energéticas y ambientales correspondientes a un proceso o una actividad, que se efectúa identificando los materiales, la energía utilizada y los descartes liberados en el ambiente natural. La evaluación se realiza en el ciclo de vida completo del proceso o actividad, incluyendo la extracción y tratamiento de la materia prima, la fabricación, el transporte, la distribución, el uso, el reciclado, la reutilización y el despacho final (SETAC, 1993).

Otra definición muy difundida de la metodología es aquella que la describe como “recopilación y evaluación de las entradas, salidas y los impactos ambientales potenciales de un sistema del producto a través de todas las etapas desde la adquisición de la materia prima a partir de los recursos naturales hasta su disposición final” (ISO 14040, 2006).

Según la norma ISO, el estudio de ACV se compone de cuatro fases:

- 1. Definición del objetivo y el alcance:** Se establece la finalidad del estudio y se fijan los límites del sistema en estudio en base a una unidad funcional.
- 2. Análisis del inventario:** En esta fase se recopilan los datos correspondientes a las entradas y salidas para todos los procesos del sistema estudiado. Los datos son expresados en la unidad funcional definida en el alcance.
- 3. Evaluación del impacto del ciclo de vida:** Se incorporan indicadores al inventario correspondientes a los potenciales impactos referidos al ambiente, disponibilidad de recursos y a la salud humana.
- 4. Interpretación:** Los resultados se interpretan según los objetivos y el alcance previamente establecidos. Se debe analizar su coherencia, sensibilidad e integridad. Finalmente, se podrá establecer cuáles fueron las limitaciones del estudio y, según los hallazgos obtenidos, plantear las conclusiones y recomendaciones.

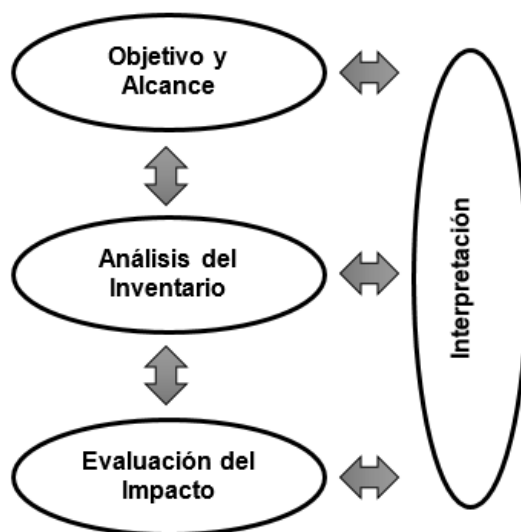


Figura 2. Fases del Análisis de Ciclo de Vida
Fuente: Adaptado de Norma ISO 14040 (2006)

Los autores Calvo y Aguado (1997) consideraron una serie de ventajas propias del desarrollo de esta metodología:

- Complementa los procesos a un sistema amigable con el ambiente.
- Facilita la toma de decisiones.
- Optimiza la relación entre calidad, medio ambiente y precio.
- Posiciona el producto en el mercado en base a su calidad medioambiental.
- Funciona como un instrumento que se anticipa a las nuevas exigencias del mercado.
- Concientiza tanto a las organizaciones como al mercado.
- Permite la elaboración y ejecución de medidas correctivas a las deficiencias halladas.

El uso del Análisis de Ciclo de Vida en el sector agrícola será de suma importancia pues revelará cuánto impacta al ambiente la producción de un alimento y se tomará decisiones con el fin de ejecutar una buena gestión de recursos. Por lo tanto, por medio de esta metodología se pretende lograr un análisis total de todos los elementos que intervienen durante las etapas de

producción del café orgánico. De esta manera, con un enfoque global se podrá plasmar los procesos en estudio de forma más cercana a la realidad. Así, luego del análisis de cada etapa se podrá hacer incidencia en aquella que sea la más crítica mediante propuestas de mejora.

1.2.2 Diagrama de Ishikawa

El diagrama Ishikawa es un método gráfico que muestra de manera simple el despliegue de las causas relacionadas a algún problema en específico (Pyzdek, 2003). Para efectuar el desarrollo del diagrama se deben realizar las siguientes etapas:

- Desarrollar un flujo del proceso a ser mejorado para conocer sus componentes.
- Definir cuál será el problema a solucionar.
- Realizar una lluvia de ideas para recopilar las posibles causas que se asocian al problema.
- Agrupar los resultados de la lluvia de ideas y organizarlas en categorías.
- Elaborar el diagrama Ishikawa que muestre la relación de todas las causas que realmente generan el problema.
- Finalmente, identificar cuál es la causa con mayor frecuencia de recurrencia.

Luego de ello, el autor sugirió que para la elaboración del diagrama se debe considerar lo siguiente:

- Al lado derecho dibujar una caja en donde se colocará el problema.
- Dibujar una línea horizontal larga que parte de la caja que contiene al problema.
- Escribir las categorías sobre las cuales se ha clasificado a las causas y unir las mediante una flecha a la línea horizontal anterior.
- Dibujar flechas que contengan las causas correspondientes a cada categoría.

Por su parte, Breyfogle (2003) calificó a este diagrama como una herramienta efectiva que encuentra la solución a los problemas presentados durante un proceso, señalando que mediante la identificación de todas las variables de entrada se determinará la magnitud en que afectan a las variables de salida del proceso. Además, recomienda lo conveniente de organizar las causas en 6 categorías: materiales, equipo, método, personal, mediciones y medio ambiente.

Complementariamente, Asaka sostuvo que la utilización de este diagrama brinda una serie de ventajas si su elaboración se desarrolla de manera grupal (1992):

- Enfoca la atención en el problema y ayuda a que la discusión sea entorno a él
- Cada miembro tiene una opinión y al compartirla se logra un aprendizaje conjunto y complementario.
- El nivel de detalle del diagrama permite que sea entendible por cualquier miembro del equipo. Además, mediante esta herramienta se pueden analizar diferentes tipos de estándares como de inspección, operativos y técnicos.

En efecto, la utilización del diagrama de Ishikawa en la presente tesis será importante porque permitirá realizar un análisis profundo a los problemas presentados en la organización. Así, hallar las causas raíz que lo generan. En ocasiones se cree que si el problema se presenta en un determinado proceso es sobre éste en donde se deben realizar las mejoras. En cambio, si se tiene una visión holística de todo el proceso y se analiza cada etapa se hallará en dónde realmente se produce la causa que desencadena el efecto. Adicionalmente, es importante considerar las opiniones de los propios socios de la cooperativa porque son ellos uno de los eslabones principales en la obtención del producto. Con su conocimiento en base a la

experiencia y un enfoque externo, y a la vez integrador, se agruparán las causas determinantes a la generación del problema.

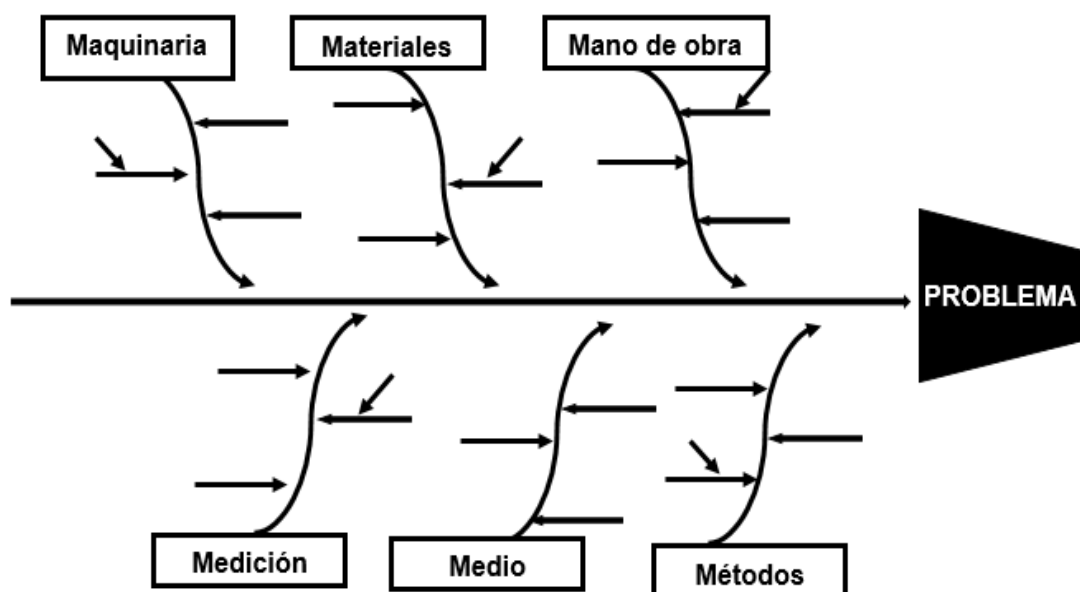


Figura 3. Diagrama de Ishikawa
Fuente: Adaptado de Breyfogle (2003)

1.3. Herramientas para la mejora de procesos en la producción de café

1.3.1 Las 5S

Es una herramienta de la Manufactura Esbelta que pretende determinar y normalizar una secuencia de hábitos de orden y limpieza en el espacio de trabajo (Manzano & Gisbert, 2016). Se resume cómo ordenar una empresa para aprovechar el espacio, eliminar causas de posibles accidentes, incrementar la calidad, contribuir a la cohesión grupal y a una mejor apariencia organizacional (Chiavenato, 2002). Esta herramienta se basa en fundamentos sencillos pero su dificultad radica en que el personal las implante, adopte y la sostenga en el tiempo (Rey, 2005).

Las 5S tiene su origen en la filosofía japonesa, específicamente, en el sector de manufactura, que luego se extendió a otro tipo de servicios e industrias, y a principios de la

década de 1980, el término fue acuñado en 1980 por Takashi Osada (Gapp, Fisher & Kobayashi, 2008). La denominación de esta herramienta proviene de las iniciales, en japonés, de cada uno de los cinco elementos de esta metodología: Seiri (selección), Seiton (sistematización), Seiso (limpieza), Seiketsu (normalización) y Shitsuke (autodisciplina) (Reyes, Aguilar, Hernández, Mejías & Piñero, 2017). La figura 4 esquematizará los elementos de esta metodología.



Figura 4. Metodología de las 5S
Fuente: Recuperado de www.laurentianlogcottage.com

1. **Seiri:** Se entiende como el clasificar o el separar aquello que sí sirve de lo que no. Entonces, se debe identificar qué elementos realmente son necesarios para que estén presentes dentro del área de trabajo y poder desechar aquellos con poca frecuencia de uso y que no serán muy costosos reponerlos en el futuro. De esta manera, se evita perder el tiempo para localizar los materiales, la falta de espacio o manipulaciones y transportes innecesarios (Hernandez & Vizán, 2013).

2. **Seiton:** Se fundamenta en ordenar todos los elementos que sí se usarán en el área de trabajo y colocarlos muy próximos a la persona que los emplea. De manera visual se puede ordenar las herramientas mediante etiquetas que ayuden a identificar la ubicación de cada una de ellas. Así, se garantiza el pronto hallazgo y el retorno de los objetos cumpliéndose la frase “cada objeto tiene su sitio y existe un sitio para cada objeto” (Manzano & Gisbert, 2016).
3. **Seiso:** Consiste en mantener limpio el área de trabajo para lo cual se recomienda que al inicio y fin de la jornada laboral cada persona se comprometa a realizar la respectiva limpieza de la zona utilizada. Es importante mantener el área limpia para no alterar la eficiencia del operario ya que se encontrará en un ambiente agradable de trabajo. El propósito no es que las máquinas o el espacio luzcan, exteriormente, relucientes, sino que cada persona esté capacitada de reconocer en dónde se encuentran internamente las fuentes de suciedad de las máquinas y del puesto de trabajo (Rey, 2005).
4. **Seiketsu:** Pretende estandarizar las anteriores fases para que sean interiorizadas y se transformen en hábitos cotidianos durante el trabajo. De esta manera, los cambios serán sostenibles y no se reincidirá en el sistema anterior de trabajo. En cambio, una conducta fluctuante por parte de la organización, algunos días se cumplen los estándares y otros no, conducen a que se multiplique la conducta de desobediencia (Hernandez & Vizán, 2013).
5. **Shitsuke:** Se traduce como disciplina, tiene por intención el cumplimiento adecuado de las fases anteriores en vías de una mejora continua. Además, se deben realizar comparaciones periódicas para ajustar o modificar el sistema establecido e identificar cómo conseguir una mayor productividad. Esta última S es sencilla y complicada a la vez porque solo se enfoca en mantener el estado de las cosas aplicando todo lo establecido, pero su complejidad recae en conservar el interés del personal en todo el período de implantación de las 5S (Manzano & Gisbert, 2016).

1.3.2 Producción más Limpia (PML)

El Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), definió a la Producción más Limpia como:

La aplicación continua de una estrategia ambiental preventiva integrada a procesos, productos y servicios para incrementar la eficiencia total y reducir los riesgos para el ser humano y el Medio Ambiente, en los procesos productivos, involucra la conservación de materias primas, agua y energía con la disposición de materiales tóxicos y peligrosos y la reducción de la cantidad y toxicidad de todas las emisiones y residuos en la fuente, el proceso. En productos, la producción más limpia ayuda a reducir el impacto ambiental, en la salud y en la seguridad de los productos durante todo su ciclo de vida (2004).

De la anterior definición, cabe precisar que existe una íntima relación de la PML con la mayor reducción posible de los residuos que se generan en toda la fase productiva del producto. Si bien es cierto, es parte de cada proceso el que se generen residuos, pero lo que se pretende es, en su medida, reducirlos paulatina y consistentemente mediante una serie de estrategias. Además, se conseguirá una mayor eficiencia en los procesos y disminución de costos. Puede suceder que se incurra en gastos por la implementación de ciertas acciones, pero el período de recuperación será a corto plazo.

A. Beneficios de PML

En términos ambientales, la implementación de un programa de PML cumple con las legislaciones vigentes y es compatible con las nuevas tendencias internacionales, que se rigen por la concientización ambiental. Existen otros tipos de beneficios. Para su explicación, se

tomará como referencia la clasificación del Consejo Nacional de la Empresa Privada (2009) los dividió en tres ámbitos:

- **Beneficios financieros:** Se presenta una reducción de costos debido a la optimización de uso de los materiales e insumos. Se reduce la cantidad de dinero destinado a los tratamientos o disposiciones finales de los residuos. Por lo tanto, aumenta el margen de las ganancias.
- **Beneficios operacionales:** Definitivamente, los procesos son más eficientes y se reduce la generación de residuos. Asimismo, se crea un ambiente más seguro y adecuado para que los operarios o trabajadores se sientan más motivados en sus labores diarias.
- **Beneficios comerciales:** Consiste en posicionar a los productos o servicios en el mercado. Así también, mejorar la imagen institucional que le permitirá ampliar la cartera de clientes e ingresar a nuevos mercados.

B. Estrategias de PML

En 2006, el Manual de Producción más Limpia, publicado por Idrovo, Landajo y Zufía, identifica cinco tipos de estrategias o técnicas de PML:

- **Mantenimiento:** Aplicar una buena planificación que le permita la toma de acciones concretas que garantice el correcto funcionamiento y el buen estado de las máquinas y equipos. Todo ello implica la adaptación a cambios operacionales, así como la concientización de los trabajadores.
- **Reutilización interna:** Procurar brindar un segundo uso a ciertos materiales o productos y, si se requiere, aplicarle un tratamiento previo. Lo mismo sucede con la reinsertión de éstos a los mismos u otros procesos.

- Cambios en materias primas y auxiliares: Sustituir aquellos insumos que son corrosivos y perjudiciales con el ambiente. De esta manera, se contribuirá en el mayor tiempo de vida útil del producto.
- Cambios en el producto: Replantear la composición o formulación de los productos en miras a parámetros ambientales. No solo ello, sino que sean durables y flexibles a ejercer más de un tipo de función.
- Cambios tecnológicos: Optar por la innovación de los procesos por medio de nuevas tecnologías. Se pueden hacer cambios en los equipos, automatizar los procesos, entre otros. Con el fin de mitigar los impactos al ambiente.

1.3.3 Compostaje

El compostaje es la mezcla de diferentes tipos de materia orgánica que en descomposición y sometidas a condiciones aeróbicas favorece al suelo pues le suministra nutrientes (FAO, 2009). Los diferentes tipos de materia orgánica se transforman, durante el compostaje, en un solo producto homogéneo que puede presentar diferentes niveles de calidad según tres factores: las características de la materia orgánica, el procedimiento empleado y la duración del proceso (Avendaño, 2003). El Instituto Técnico de Chile lo describió como un proceso biológico aeróbico de residuos orgánicos bajo condiciones controladas (1999). Éstas pueden ser la temperatura, aireación y humedad que interactúan con hongos, bacterias e insectos (Labrador, 1996). Por su parte, Moreno y Moral simplificaron el concepto de compostaje en una constante interrelación entre residuos orgánicos, microorganismos, el aire y la generación de calor. (2008).

1. Fases

El proceso de compostaje consiste en transformar la proporción orgánica más degradable a una de mayor estabilidad y más higienizada por medio de la liberación de CO₂, calor, minerales y agua (Labrador, 1996). Son los microorganismos que realizan estos procesos metabólicos a través del oxígeno y mediante la descomposición del Carbono (C) y Nitrógeno (N) presentes generan su propia biomasa, calor y un sustrato sólido que tiene un menor contenido de C y N denominado compost (Román, Martínez & Pantoja, 2013).

Durante todo el proceso de descomposición de la materia orgánica inicial, el Carbono y el Nitrógeno, se presentan diferentes variaciones de temperatura, que son generados por el calor desprendido por los microorganismos, y se diferencian cuatro fases del compostaje: mesófila, termófila, enfriamiento y maduración (APROLAB, 2007).

Román, Martínez y Pantoja describieron las cuatro fases en función a la temperatura generada en el proceso:

- **Mesófila:** El sustrato de partida presenta una temperatura ambiente y los microorganismos la incrementan hasta los 45°C. Además, se separan los compuestos solubles lo cual produce ácidos orgánicos y en consecuencia disminuye el pH a un rango de 4.0 a 4.5 durante 2 o 5 días.
- **Termófila:** También se le conoce como fase de higienización porque en esta etapa el calor que se genera es el encargado de destruir las bacterias, contaminantes de origen fecal, esporas, hongos fitopatógenos, entre otros que se presentan en el sustrato inicial. Una vez alcanzado los 45 °C los microorganismos mesófilos son sustituidos por bacterias termófilas que se desarrollan a temperaturas mayores y contribuyen a degradar fuentes

complejas de C fácilmente. Se eleva el pH pues los microorganismos termófilos convierten el nitrógeno en amoníaco. La duración de esta etapa suele ser de 1 a 3 semanas.

- **Enfriamiento:** La temperatura vuelve a descender hasta los 40°C o 45°C pues se consumieron todas las fuentes de N y C. Así también, los microorganismos reanudan su accionar y el pH desciende, pero sigue siendo alcalino. Esta fase ocurre en un intervalo de 2 a 5 semanas.
- **Maduración:** Esta fase se desarrolla a temperatura ambiente por un período largo (3 a 6 meses) en el que se generan reacciones como la polimerización y condensación de compuestos carbonados para que se formen ácidos fúlvicos y húmicos.

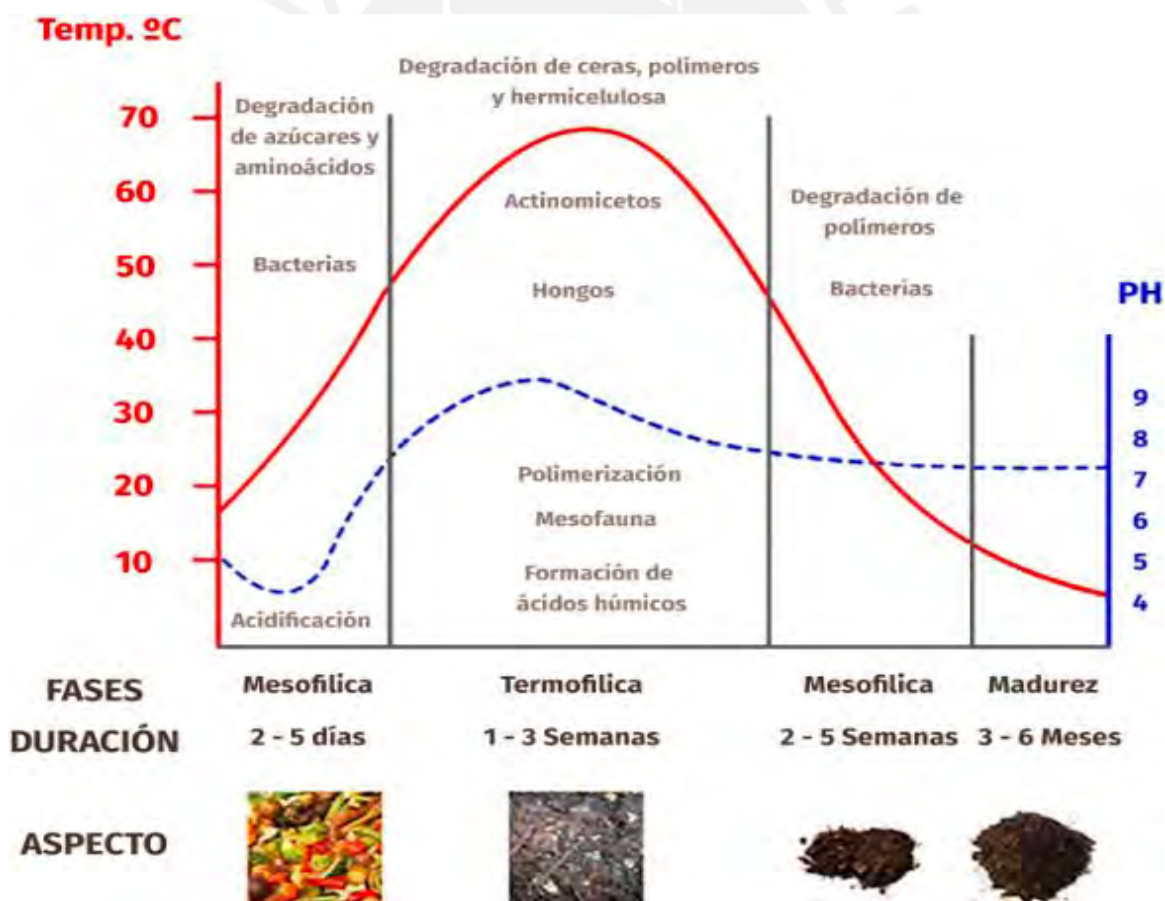


Figura 5. Fases del compostaje

Fuente: Recuperado de www.puntocompost.wordpress.com

2. Beneficios

El compostaje aporta una serie de beneficios en su aplicación al suelo cuando es utilizado como abono. Específicamente, contribuye en mejorar las propiedades físicas y químicas del suelo. En primer lugar, el compost incrementa la permeabilidad, la retención de agua, la porosidad y reduce la densidad aparente del suelo. En segundo lugar, le añade más macronutrientes N, P y K y micronutrientes (APROLAB, 2007).

Cuando el compost actúa como acolchado orgánico en el suelo, permite que la lluvia se infiltre más fácilmente evitando que se produzca pérdida de la superficie por erosión hídrica y genera posibilidades de revegetación natural en el suelo (Ingelmo & Iváñez, 1998). La compactación del suelo es el incremento de la densidad y la pérdida de macronutrientes que imposibilita el intercambio de aguas, gases y la penetración de raíces (FAO & GTIS, 2016). Como se había mencionado, el compostaje actúa como una técnica de manejo de suelo más utilizada que contrarresta la compactación del suelo y la erosión hídrica (Moreno & Moral, 2008).

Una manera de gestionar, adecuadamente, todo aquel residuo vegetal es por medio del compostaje. La ventaja es que se crea un sistema de reciclaje en el que revaloran los residuos orgánicos iniciales, se disminuye el volumen de los residuos dispuestos a botaderos o rellenos sanitarios y es un ahorro económico pues se evita comprar otros tipos de productos que influyan en la estructura y fertilidad del suelo (Avendaño, 2003).

Capítulo 2. Descripción de la empresa

2.1. Sector y actividad económica

Cada país tiene una clasificación industrial propia, pero existe una que describe todas las actividades productivas a nivel mundial. La Clasificación Industrial Internacional Uniforme (CIIU) tiene un alcance que abarca todas estas actividades. Su uso es esencial para que haya una representación que se aproxime a la realidad en cuanto a la categoría de empresa o sistemas productivos de bienes y servicios. En el Perú, el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) ha adoptado, de manera oficial, la Revisión 4, versión más actualizada y detallada, de la CIUU. Entonces, de acuerdo a esta clasificación internacional, la cooperativa en estudio pertenece a la sección A y su código CIIU es 0127 (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2010).

- Sección A: Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca.
- División 01: Agricultura, ganadería, caza y actividades de servicio conexas.
- Grupo 012: Cultivo de plantas perennes.
- Clase 0127: Cultivo de plantas con las que se preparan bebidas.

La Cooperativa se encuentra ubicada en Chirinos, distrito de la provincia de San Ignacio, que pertenece al departamento de Cajamarca. Chirinos es conocido por ser una zona cafetalera y, a través de los años, se ha posicionado como el lugar en donde se cultiva uno de los mejores café en taza del Perú.

Sus inicios datan del año 1967 cuando unos cuantos agricultores decidieron formar parte de una cooperativa en la provincia de San Ignacio. Sin embargo, el factor distancia entre la provincia fronteriza y Chirinos provocó ciertas complicaciones. Por ello, recién en 1968 fue

que se creó la cooperativa en el mismo distrito. El 6 de febrero de 1969 fue reconocida oficialmente, por la Resolución N° 042, como una persona jurídica luego de haber sido inscrita en el Registro de Cooperativas.

El trabajo de la organización es en conjunto y su finalidad es que todas las personas que pertenezcan a la cooperativa, mediante el cultivo, cosecha y el procesamiento del café, obtengan más beneficios en el sentido completo de la palabra. Para lo cual, la organización, luego de que los socios transformen la materia prima y le agreguen valor, se encargan de acopiar el café, subcontratar un servicio adicional de procesamiento y, finalmente, comercializar el café verde obtenido.

Después de muchos años de trabajo, la organización está posicionada dentro del mercado nacional y mundial como una empresa que contribuye al desarrollo económico y social, tanto de la región como del país. Además, trabaja adecuadamente el manejo de recursos naturales y el respeto por el medio ambiente. Para lograr la competitividad e innovación empresarial, siguen perspectivas y objetivos estratégicos como la eficiencia en diferentes ámbitos (tecnológicos, administrativos, comerciales o financieros). Así, se desarrolla una estrecha relación de confianza entre los socios, directivos y trabajadores.

2.2. Clientes y productos principales

Luego de más de 50 años de fundación, la cooperativa ha extendido su mercado a territorios que eran antes inimaginables. Durante el año 2016, incursionaron en los mercados de Bélgica, Suiza y Suecia. En el año 2017, lograron competir en los mercados de Irlanda, Noruega y Japón. En la actualidad, ha afianzado su presencia en los mercados de Canadá, Alemania y Estados Unidos.

La comercialización del café se rige por contratos a futuro. Por un lado, existen contratos por el tipo de certificación. Las certificadoras los evalúan en temas de uso sostenible de los recursos, cuidado de la biodiversidad, el comercio justo y defensa de los derechos de los trabajadores, entre otros. Las diferentes certificaciones que respaldan a la organización son las siguientes:

- FTO: *Fair Trade Organic*.
- FT: *Fair Trade*, Comercio Justo.
- ORG-RA-BF: Orgánico, *Rainforest Alliance*, *Bird Friendly*.
- ORG: Café Orgánico.
- UTZ: *UTZ Kapeh*, que significa “buen café” en el idioma maya.
- CONV: Convencional.

Por otro lado, existen contratos por calidades que se miden según el puntaje obtenido en la cata del café. A cada puntaje o intervalo de puntuación se le asigna un nombre. A continuación, se describe cada uno de ellos.

- Micro-lotes: De 86 puntos en adelante, también se le denomina café especial.
- Inspira: 85 puntos.
- Aroma: 84 puntos.
- Gran Mirador: 82-83 puntos.
- Patrón 80 – 81 puntos.
- Contaminadas: 78 – 79 puntos.
- Pufas: 70-77 puntos.

El año 2018, se firmaron 69 contratos con diferentes clientes (importadores) por un aproximado de 29 mil quintales de café verde exportable. Dentro de los contratos, el café Mirador fue el más solicitado representando casi el 50% de los pedidos. Mientras que con un 33.33%, el café Aroma fue el segundo más solicitado. Los diferentes clientes/importadores con los que cuenta la cooperativa son los siguientes:

- *Sustainable Harvest*: Estados Unidos.
- *Falcon Coffees*: Canadá.
- *Coffeeteam*: Bélgica.
- EFICO: Bélgica.
- Huancaruna: Perú.
- *Twin Trading*: Reino Unido.

La organización tiene como producto emblemático el café verde. El café que se cultiva en la localidad de Chirinos y que comercializa la cooperativa se caracteriza porque se tiene un cuidado especial desde su etapa inicial. Los productores son capacitados e innovan en nuevos métodos con el fin de tener mayor productividad y calidad en sus cosechas. Otra característica del producto es que es orgánico. Es decir, existe un manejo agronómico en los cultivos y se procura seguir procesos ecológicos y prácticas de conservación de suelo.

2.3. Perfil organizacional y principios empresariales

Algunos de los datos fueron obtenidos de la página web de la organización. Sin embargo, el detalle se pudo recopilar de una conversación con la responsable del área de comunicaciones quien de una manera didáctica transmitió los principios cooperativos. Durante los años de vida institucional, los valores y los principios han sido la base sólida que ha regulado y orientado el comportamiento de la organización.

1. **Visión:** Ser la cooperativa cafetalera peruana más reconocida, a nivel internacional, por la calidad de sus asociados, su café orgánico y su esencia cooperativista.
2. **Misión:** Mejorar la calidad de vida de nuestros socios y sus familias a través de la producción y comercialización de un café de excelencia en armonía con el medio ambiente.
3. **Valores:**
 - **Confianza:** Creemos que sin confianza no se puede ir a ningún lado y sería imposible lograr nuestra meta si no se avanza. Sabemos que confiar es tener fe, es creer que se van a conseguir los objetivos planteados y mayormente es creer en algo que aún no se puede ver.
 - **Respeto:** Consideramos que cada persona es única e irreplicable propio de la naturaleza humana. Por lo tanto, creemos en lo enriquecedor que es la diversidad de pensamientos y las aceptamos tal como son.
 - **Unidad:** Es fundamental la armonía entre las personas que integran la cooperativa, tanto los socios como los trabajadores. Todos persiguen una meta en común y solo estando unidos podrán ser el sustento del otro y convertir en sencillo lo que inicialmente parecía imposible de lograr.
 - **Fidelidad:** Cumplimos con nuestras promesas y compromisos asumidos. Aunque las condiciones del futuro no pueden ser previstas, hoy tomamos la decisión de realizar la promesa.
 - **Solidaridad:** En la cooperativa se comparten los valores del grupo y la unión de sus miembros. Es decir, los cooperativistas y las cooperativas se mantienen juntos en una especie de fusión o asociación.

- Honradez: Nuestro actuar está regido por lo que se considera correcto y adecuado a nivel social. Se ha desarrollado una conciencia que aprecia y elige lo que representa la verdad, integridad y respeto hacia nuestros principios y hacia los demás.

4. Principios Cooperativos: La definición de una cooperativa, de manera resumida, es ser una asociación independiente de personas que por su propia voluntad han decidido unirse para contrarrestar a ciertas carencias conjuntas de carácter económico, social y cultural. La cooperativa es de propiedad colectiva y su gestión es controlada democráticamente. Así, se han establecido siete principios para asegurar que las cooperativas marchen acorde a los lineamientos que la rigen.

- Membresía abierta y voluntaria: Para cualquier persona sin ningún tipo de discriminación (raza, clase social, género, etc.) que desee utilizar sus servicios y, al mismo tiempo, hacerse responsable de las actividades, funciones y obligaciones que conlleva ser miembro de una cooperativa.
- Control democrático de los socios o miembros: Son ellos quienes tienen una participación en lo que respecta al establecimiento de las políticas y al momento de decidir.
- Participación económica de los socios o miembros: Equitativamente, existe un aporte económico por parte de ellos y un control sobre el capital de la organización. También, cuentan con una especie de gratificación o compensación limitada.
- Autonomía e Independencia: El control de las cooperativas reside en sus propios miembros. Por ello, si para su financiamiento se necesita del apoyo de entes externos se procura que dentro de los acuerdos se enfatice en la autonomía de la cooperativa.
- Educación, formación e información: Constantemente, se ofrece una capacitación y actualización de conocimientos a los socios o miembros para que sean competentes en

su accionar en bienestar de la organización. Asimismo, se difunde la ideología del cooperativismo a modo de que sea interiorizado por sus miembros.

- **Cooperación entre cooperativas:** Según la filosofía con la que fueron concebidas las cooperativas actúan en conjunto con sus pares a nivel local, regional, nacional e internacional.
- **Compromiso con la comunidad:** Principalmente, se enfoca en estar ligadas y dirigidas a cubrir las necesidades de sus miembros. Por lo tanto, su trabajo radica en brindarles desarrollo sostenible a todos.

2.4. Entidades participantes

Como toda organización, la cooperativa en estudio cuenta con la colaboración de diferentes entes que contribuyen a su crecimiento y consolidación. A continuación, se describe cada una de estas entidades.

- 1. Clientes:** Cada uno de ellos es tratado de manera personalizada pues sus requerimientos son variables. A inicios de cada año, la gerencia y el departamento de comercialización se reúnen con ellos para ofrecerles una cierta cantidad de quintales de café verde y según cumplan con las especificaciones solicitadas logran cerrar los contratos a futuro. El compromiso es cumplir con las cantidades y fechas establecidas. La cooperativa cuenta con una cartera de clientes fidelizados, la mayoría de ellos en el extranjero, que son los responsables de la continuidad del negocio.
- 2. Proveedores de productos:** La importancia del trabajo en conjunto con los proveedores es vital para lograr el desarrollo de ambas partes y el cumplimiento de su trabajo ligado a la satisfacción de las necesidades del cliente. Son sus asociados quienes les proveen el café pergamino seco. Ellos cultivan, cosechan, benefician y secan el café. Además, sus

productos de exportación deben tener empaque especial que cumpla con una serie de especificaciones que permitan conservar la inocuidad y la calidad del café. Entre estos proveedores se tienen a los de bolsas de polipropileno negras, sacos de yute y bolsas *GrainPro*, que son de uso exclusivo para la protección hermética del café durante su almacenamiento.

- 3. Proveedores de servicios:** Es importante el contar con el suministro de ciertas necesidades básicas como agua potable, electricidad e internet. También, se debe mencionar a los proveedores que brindan el servicio del transporte, embarque y a la planta que les ofrece el servicio tercerizado de trillado.
- 4. Competidores:** Dentro de la competencia directa que tiene la cooperativa se puede mencionar a la Finca Churupampa que desde el 2011 inicia sus labores y actualmente exporta café de buena calidad en taza. Además, cabe mencionar que geográficamente pertenecen al mismo distrito (Chirinos) y se convierten en una opción de venta de café para los pobladores de la zona. A nivel nacional, existen otras cooperativas que están posicionadas en el sector y tienen reconocimientos internacionales, como premios y menciones especiales por su calidad de taza, producción orgánica y sostenible.
- 5. Gobierno:** La cooperativa tiene interacción tanto con el gobierno local como el regional. Así, La Superintendencia Nacional de Aduanas y de Administración Tributaria (SUNAT) tiene una relación con la organización en el tema de la fiscalización de su tributación. También, se debe mencionar al Ministerio de Agricultura y Riego y al Ministerio de Producción que les brinda el respaldo para el desarrollo de sus actividades. No menos importante es la Municipalidad de Chirinos en donde se ubica la cooperativa. Esta, le otorgó la licencia de funcionamiento y realizó las inspecciones necesarias para velar por la seguridad de los vecinos aledaños.

- 6. Organizaciones no lucrativas:** Actualmente, cuentan con el apoyo de diferentes ONG que les brindan financiamiento y capacitación para potenciar su producto. Así, se puede mencionar a Producers Direct y Rikolto. Ambas están colaborando en el ámbito de profesionalización de la cooperativa y la producción de un café de calidad.
- 7. Los socios:** La cooperativa está conformada por 783 productores cafetaleros que de manera voluntaria decidieron integrarse a la organización. Son ellos quienes realizan todo el procesamiento del café con el respaldo técnico (visitas, capacitaciones, talleres, entre otros) que le brinda la organización. Como también les ofrecen financiamiento para alguna inversión o mejoramiento en las máquinas o instrumentos que utilizan en el proceso. Todo ello, con la finalidad de obtener un producto que cumpla con los estándares del mercado y que a la vez les favorezca con un mayor beneficio económico por la taza que el café representa. No solo eso, sino que mediante su membresía en la cooperativa puedan contar con beneficios para sus familias, ya sea para los que tengan hijos en etapa escolar o lo referente a un financiamiento en caso de enfermedades.
- 8. Empleados:** De ellos depende que el trabajo se efectúe y se encamine hacia el logro de las metas trazadas. La cooperativa los considera como parte de la gran familia organizacional y la confianza es vital en su relación con ellos. Ya que se busca el empoderamiento de los empleados, se les brinda los conocimientos y herramientas necesarias para que se desarrollen adecuadamente y en un ambiente seguro.
- 9. Departamentos funcionales:** En cada departamento se establecen funciones que se deben de cumplir en su cabalidad para que, como si fueran un solo bloque, se logre un actuar en búsqueda del beneficio de los socios de la cooperativa como el de los clientes a los cuales se les brindará un producto competente a las exigencias del mercado.
- 10. Comunidad:** El pilar de la fundación de una cooperativa es ayudar al desarrollo de su comunidad. Por lo tanto, se les ofrece las herramientas necesarias para que mediante la

producción del café (siembra, cosecha, beneficio húmedo y secado) logren generar ingresos necesarios para desarrollarse plenamente en su vida diaria.

11. Medio ambiente: Se considera fundamental el cuidado y uso sostenible de los recursos provenientes del medio ambiente. Las diversas certificaciones adquiridas pueden constatar que los productores (socios) han interiorizado la importancia de cuidar el medio donde viven y la biodiversidad que los rodea. Se realiza una producción orgánica, la cual reduce los impactos ambientales.

2.5. Mapa relacional del negocio

En la figura 6 se muestra el mapa relacional actual de la organización. Se divide en 4 secciones según el tipo de relación existente con diferentes entes. Se tiene las relaciones con proveedores, las relaciones laterales, las relaciones con los compradores y las relaciones internas.

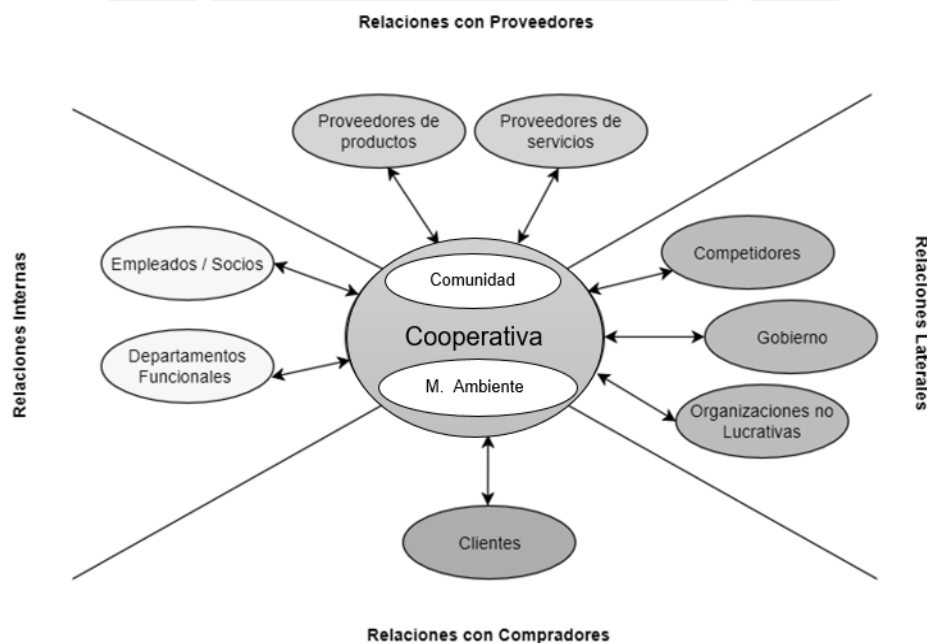


Figura 6. Mapa Relacional

Fuente: Adaptado del libro "The Commitment-Trust Theory of relationship Marketing"

2.6. Organización y recursos humanos

Según el enfoque de Mintzberg (1979), la estructura de una organización debe guardar una relación de armonía interna como con su entorno. La cooperativa se caracteriza por tener un modelo adhocrático. Destaca por su flexibilidad en donde el control y la coordinación se trasladan de manera constante. Lo mismo sucede con la autoridad que se desplaza en toda la estructura. Se dividen en pequeños grupos de personas competentes y versadas en su ámbito que cumplen tareas específicas pero que, a la vez, trabajan juntos. La formación de estos equipos o unidades permite el incremento de su rendimiento hacia su nivel más alto.

En la cooperativa existen las siguientes áreas:

- 1. Asamblea de Delegados:** Los delegados son quienes representan a la comunidad y son elegidos por ellos mismos. La asamblea se encarga de establecer políticas y los lineamientos generales para alcanzar el compromiso social de cada año. Tienen voz y voto para aprobar futuros planes de inversiones. Así, son los que eligen los respectivos comités de vigilancia, electoral y el consejo de administración.
 - Consejo de Administración: La responsabilidad principal es el dirigir la política interna y la administración general de la Cooperativa.
 - Comité de Vigilancia: Debe de conocer en su totalidad y a conciencia los negocios de la organización y supervisar que su realización sea de forma eficiente. Además, deben cuidar el buen uso de activos y pasivos según lo estipulado en los reglamentos y estatutos.
 - Comité electoral: Es el responsable de garantizar la transparencia de los procesos electorales internos en los cuales se eligen los delegados para la Asamblea.

2. **Gerencia General:** Luego de ser nombrado por el Consejo de Administración, tiene la función de ejercer la representación legal de la Cooperativa. Por otro lado, pacta, planifica, administra y realiza los diferentes acuerdos comerciales o negocios.
3. **Departamento de Administración y Finanzas:** Este departamento tiene la responsabilidad de administrar el capital destinado de manera eficiente en un equilibrio de riesgo y rentabilidad. También, debe desarrollar las estrategias necesarias y acordes al mercado para contar con diferentes fuentes de financiación. El departamento lo componen las siguientes unidades: Provisiones contables, Inventarios, Caja Chirinos y Caja Jaén.
4. **Departamento de Comercialización:** Es uno de los departamentos en el que recae la mayor responsabilidad porque se encarga del acopio de los quintales de café, el control de calidad, el posterior proceso tercerizado (trillado) y de la gestión de ventas (exportación). Los miembros del departamento participan en la definición de la política de precios y condiciones comerciales. Así, debe tener una cercana relación con los clientes para anticiparse a sus necesidades y poder satisfacerlas.
5. **Departamento de Agricultura Ecológica:** El DAE está compuesto por el Sistema Interno de Control, el Área de Proyectos y el Servicio de Extensión.
 - Sistema Interno Control: Los productores de la cooperativa para acceder al mercado de cafés diferenciados “especiales” deben cumplir con las normas de producción orgánica establecida en el Reglamento de la Comunidad Económica Europea UE N° 834/2007, las Normas NOP-USDA, Perú DS N° 044/2006 AG, JAS y RAS. Por ello, el sistema se encarga de garantizar el cumplimiento de dichas normas y verificar si los productores están cumpliendo o no con los lineamientos establecidos. Así, mantener la certificación de cafés especiales.

- Área de Proyectos: Su función es implementar, supervisar, evaluar y controlar la ejecución de los proyectos tecnológicos que apoyen los procesos de ejecución en sus diferentes componentes o actividades del proyecto.
- Servicio de Extensión: El Servicio de Extensión es la unidad encargada de fortalecer las capacidades de los productores cafetaleros mediante el diagnóstico, planificación, ejecución de los planes y monitoreo de un plan de extensión para la producción y procesamiento de cafés especiales, acorde con las condiciones locales con la finalidad de incrementar la productividad y calidad cafetalera, de manera sostenible y responsable con el medio ambiente.

El organigrama de la organización se muestra a continuación en la figura 7:

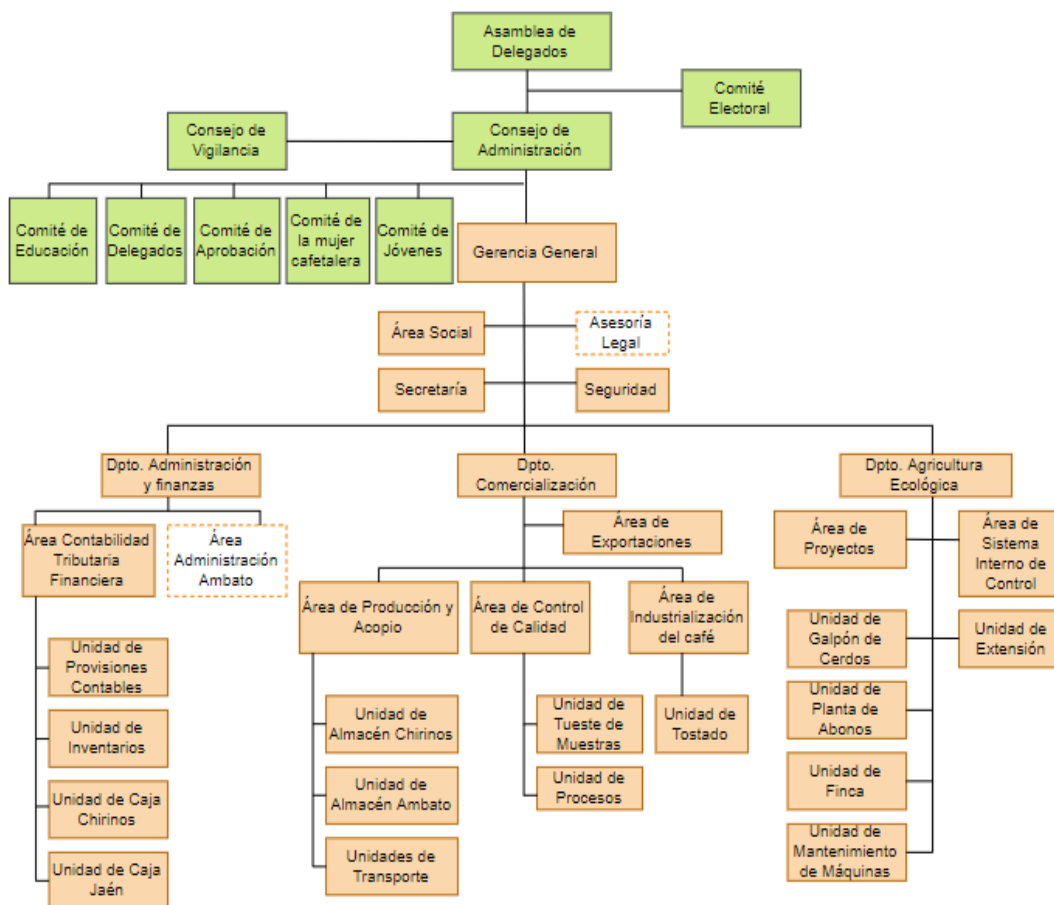


Figura 7. Organigrama de la Cooperativa

2.7. Descripción del proceso de obtención del café verde

El principal producto que comercializa la organización es el café verde orgánico. Los socios son quienes entregan a la cooperativa el café pergamino seco al que aún se le debe realizar procesos adicionales para poder obtener el café verde listo para la exportación. En todo el proceso productivo del café pergamino seco la cooperativa les hace un acompañamiento a los productores a través de los inspectores quienes, en cada visita, los monitorean, corrigen y enseñan. No solo ello, pues los ayudan a obtener los materiales necesarios para el procesamiento del café tales como las carpas negras para el secado, las mallas Raschel para sus secadores, entre otros.

A nivel institucional, le corresponde a la organización acopiar los quintales de pergamino seco que les entregan sus socios y tras un zarandeo y selección de los granos óptimos llevarlos hacia una planta en Chiclayo para realizar el último proceso de trillado. Luego de ese proceso, se obtiene el café verde y se prepara para su distribución y puesto en puerto para que sea exportado vía marítima.

Como se mencionó anteriormente, los procesos que se realizan desde la cosecha hasta el secado del pergamino son realizados por los miembros asociados de la organización. Cada uno de ellos produce diferentes variedades de café (Catimor, Gran Colombia, Caturra o Pache) en sus hectáreas. Se puede establecer una clasificación de la ubicación de las parcelas de los socios en tres zonas: baja, media y alta. Por sus diferentes altitudes se presentan variaciones temporales entre el inicio y finalización de las campañas de cosecha. De igual manera, existe una diferencia entre las cantidades de veces que se cosechan debido a la variación del clima y por las condiciones que no favorecen la maduración homogénea de los cerezos de café. Por ejemplo, en la zona baja deben cosechar 2 a 3 veces los cerezos ya que su clima cálido permite

que la maduración sea más rápida. En contraste, en la zona alta, donde llueve en mayor intensidad, como mínimo se cosecha 4 veces.

Para la transformación del cerezo de café a un grano verde existen varios procesos, sin embargo, se debe señalar que existe toda una etapa previa a la cosecha del cerezo. Para que los cafetos empiecen a producir cerezos deben madurar alrededor de 2 años y medio a 3 años. A continuación, se describen los procesos que sigue la semilla del café para ser transformado en un grano verde. Éstos son realizados por los socios de la Cooperativa con el constante acompañamiento de los inspectores del Departamento de Agricultura Ecológica.

- 1. Germinador:** Para iniciar este proceso se debe obtener las semillas a germinar. Los productores pueden comprar las semillas o ellos mismos producirlas. En el segundo caso, se debe elegir un cafeto en edad productiva, dividirlo en 3 partes y de la parte central recolectar los cerezos. Éstos, seguirán los procesos de despulpado, fermentado, lavado y secado pero la diferencia es que la humedad de la semilla debe de ser entre 25 a 28%. Posteriormente, se seleccionan las semillas que no presenten defectos. A continuación, se elige una porción de terreno en donde se construirá el germinador. El riego es cada 4 días y el consumo de agua es de medio litro por metro cuadrado del germinador. Usualmente, para esa área se germinan de 2 500 a 3 000 semillas. Para protegerlas del sol se suele construir un techo a base de hojas de plátanos y ramas. Luego de 2 meses brotan las primeras hojas de la planta a las cuales se les denomina chapolas y son llevadas hacia el vivero.



Figura 8. Chapolas

- Vivero:** Para realizar el trasplante de las chapolas a las bolsas negras se debe elaborar el sustrato que será parte de ellas. En la mayoría de los casos, está conformado por tierra fértil, materia orgánica y arena. Por cada bolsa se necesitan cerca de 450 g de sustrato. Para realizar el trasplante, se hace una hendidura en el sustrato, se colocan las chapolas y se trata de compactar la tierra sin apretar demasiado la raíz de la planta. Las bolsas negras se alinean unas a otras y la frecuencia de riego es similar a los germinadores. También se construye un techo para protegerlos del sol y viento, pero poco a poco se va descubriendo para que las plántulas se vayan adaptando al ambiente. Pasados 3 meses, aproximadamente, se termina de desarrollar la plántula como se puede ver en la figura 9, se selecciona solo aquellos que no tengan ningún problema en las raíces (cola doblada, raíz pequeña, entre otros) y son finalmente trasplantados en el terreno definitivo en donde crecerá y se desarrollará.



Figura 9. Plántulas de café

- 3. Cultivo:** El terreno debe limpiarse, retirar malezas o restos de ramas que interfieran en el trasplante de las plántulas. Seguidamente, se debe realizar hoyos a una cierta distancia entre planta y planta que suele ser de 1.5 m para que se los cafetos puedan desarrollarse. Los hoyos son de 30 cm de ancho, 30 cm de largo y 30 cm de profundidad. En la base de este, se agrega materia orgánica descompuesta, guano de isla o humus y luego se termina de rellenar el hoyo con la tierra que había sido removida, pero de una manera holgada. Así, cuando se trasplanta la plántula encaje en el hoyo sin problemas y es en ese momento que se ejercerá presión en la tierra para que quede compacta. Al tercer año, los cafetos inician con una primera producción de cerezos y anualmente vuelven a producirlos. El tiempo de vida estimado del cafeto es de 15 años, pero hasta los 10 años se puede asegurar que los cerezos que se obtienen son de alta calidad. A lo largo de su desarrollo los cafetos deben de seguir un manejo agronómico que los ayude en la nutrición, como es el caso de los fertilizantes y abonos, en la protección de plagas y enfermedades, en elevar su productividad, entre otros.
- 4. Cosecha:** Habitualmente se realiza en forma manual y selectiva con ayuda de canastos o medias latas (envases de plástico) y sacos de polipropileno como se muestra en la figura 10. Este tipo de cosecha consiste en recolectar solo los frutos maduros y evitar el daño de

las yemas de las ramas. Es importante la consideración de las variaciones climatológicas al momento de la recolección. Por un lado, se puede tener una época lluviosa que producirá un retraso en la maduración y provoque la caída del fruto (maduro). Por otro lado, en temporadas en las que el calor es más fuerte tiene como consecuencia las maduraciones prematuras.



Figura 10. Cosecha de cerezos

5. **Rebalse o Flote:** Luego de la cosecha se colocan los cerezos en tinas con agua con el fin de descartar todos aquellos frutos que floten ya que son por lo general los que están en mal estado. Luego de separar los granos que no presentan las características ideales de los que sí, se inspecciona si realmente no se infiltró algún grano de los descartados en grupo de los óptimos.
6. **Despulpado:** En esta etapa se elimina la pulpa del fruto y la piel exterior. Se realiza por presión y los granos se extraen fácilmente debido a la cualidad lubricante del mucílago, el cual rodea a los granos del café. Se hace uso de una máquina con motor alimentado por combustible de 1 HP llamado despulpadora. Es importante que se tenga cuidado en no dañar el pergamino en baba pues causará que se altere la calidad de la bebida.

- 7. Fermentación:** Luego del despulpado, el grano queda envuelto por el endocarpio o pergamino, al cual queda adherida una parte del mesocarpio llamada mucílago, goma o baba. El mucílago, obstaculiza el secado y la conservación de los granos ya que es un material insoluble al agua y para su posterior remoción se debe solubilizar o degradar mediante la fermentación. Ésta consiste en llenar el tanque tina que contiene el pergamino en baba y dejar reposar por 24 a 32 horas, aunque esto varía según la temperatura del ambiente. Finalmente, se sabe que ha finalizado este proceso cuando al introducir un palo de madera se forma un hueco y este no vuelve a su estado inicial al retirar el palo.
- 8. Lavado:** El lavado manual extrae la miel que aún está adherida al pergamino en baba para ello hace uso del agua que proviene de pozos o suministrado por tuberías de agua (caños). Se realizan de 2 a 3 lavados. En el primer enjuague se recomienda retirar los granos que flotan si es que se quiere obtener un café de mejor calidad, el objetivo de este proceso es separar de los granos de café pergamino los remanentes de la fermentación (mucílago y microorganismos).
- 9. Secado:** El secado natural consiste en eliminar toda la humedad que le queda al café exponiendo los pergaminos sobre una carpa negra de polipropileno (ver figura 11), sacos o bolsas a los rayos del sol en capas delgadas de pocos centímetros de grosor (3 a 5 cm). Cada cierto tiempo, los granos son removidos (volteos) para que se sequen uniformemente. Algunos productores recubren el lugar en donde están siendo secados los pergaminos de café en caso llueva. Debido a las lluvias constantes, ciertos productores han optado por fabricar secadores a modo de invernadero en donde se colocan en bandejas de madera el pergamino y el espacio es cubierto por calaminas y malla Raschel. El proceso suele durar de 7 a 15 días y es en ese momento que ellos realizan un control de calidad para saber si han alcanzado la humedad requerida del pergamino seco (11 a 12%). Cabe decir que su método se basa en la experiencia. Por medio de morder un grano ya pueden conocer el

grado de humedad. Según comentan, si por “el método del diente” el pergamino se parte quiere decir que está en la humedad adecuada.



Figura 11. Área de secado de café

10. Almacenado: Cada productor almacena el pergamino seco en sacos de polipropileno negro. Los sacos son colocados sobre tarimas de madera para evitar que se contamine con la tierra. Suelen estar en habitaciones cerradas o en los mismos secadores solares. Por último, a medida que agrupan una cierta cantidad de sacos los llevan a la cooperativa para el respectivo acopio.

Luego de que se recibe los sacos de café pergamino seco, inicia otra etapa de procesamiento para el café que se realiza dentro de la cooperativa.

11. Zarandeo: Por medio de una zaranda mecánica se separa los pergaminos secos en buen estado de los que no. De los cuales los que han sido descartados se convierten en subproductos. Se vacía en unas rendijas los quintales de pergamino seco, éstos son llevados por un elevador a la siguiente zona en donde ya se realiza el filtro de los pergaminos en

buen estado de los que no y como salida hay dos conductos en los que por un lado sale el pergamino bueno y por el otro lo que se ha descartado.

12. Cata: Para determinar a qué lote le corresponde los quintales entregados por el productor, se extrae una pequeña muestra en la que se realiza el trillado, tostado y molido de café. Luego de la cata se le asigna el puntaje de taza a los quintales y se puede agrupar según la categoría a la que corresponda. Esto no se incluirá en el Diagrama de Operaciones puesto que no es un proceso que siguen todos los quintales acopiados sino solo pequeñas muestras de 30 g por cada lote de producción de los productores.

Culminado el Zarandeo, todos los quintales de pergamino seco que estuvieron un tiempo almacenados en la cooperativa se dirigen a la planta que presta el servicio de trillado (servicio tercerizado).

13. Trillado: Consiste en eliminar la pajilla o cáscara del café pergamino seco por fricción o desgarramiento. En el proceso se hace uso de trilladoras las cuales mediante la fricción lo convierten en café verde que se observa en la figura 12. Durante el trillado, no se aumenta la calidad del grano de café, sino que depende de los procesos anteriores. Por ejemplo, si ha sido secado por un tiempo mayor a lo normal, el café será demasiado seco y producirá que la trilladora lo quiebre en mayor medida y sea eliminado junto a la pajilla. Otro ejemplo es cuando el nivel de humedad es mayor al deseado ($>12\%$) y se tiene como consecuencia un blanqueamiento de los granos (producto de la temperatura y la fricción).



Figura 12. Café verde

14. Empaquetado: El café verde se embolsa en bolsas *GrainPro* y éstas a su vez en sacos de yute, con el fin de evitar cualquier tipo de contaminación hasta que llegue a su destino final. Una de las principales cualidades de las bolsas *GrainPro* es que actúa como una barrera contra la humedad. Por ello, se inactiva el metabolismo del café verde que se encuentra dentro de la bolsa y logran conservarse.

15. Distribución: La distribución final se da cuando los contenedores puestos en puerto llegan a su destino. El café es exportado por lo que es importante considerar la forma de su transporte para cuidar en todo momento su calidad e inocuidad.

Después de haber descrito cada etapa de la producción de café se representará mediante un diagrama SIPOC (figura 13) solo los procesos que realiza la cooperativa desde que recibe el café pergamino hasta que logra exportarlos.

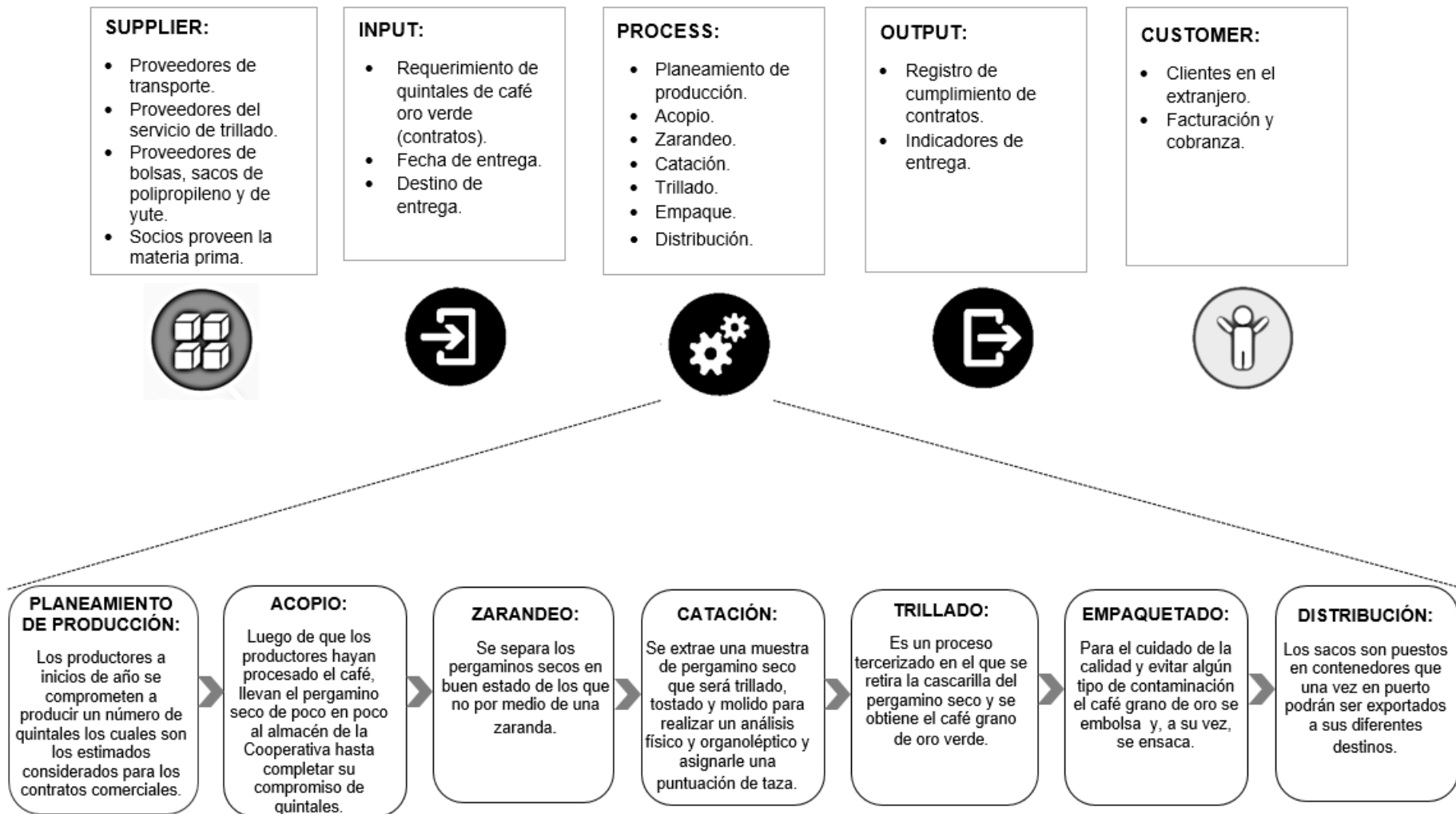
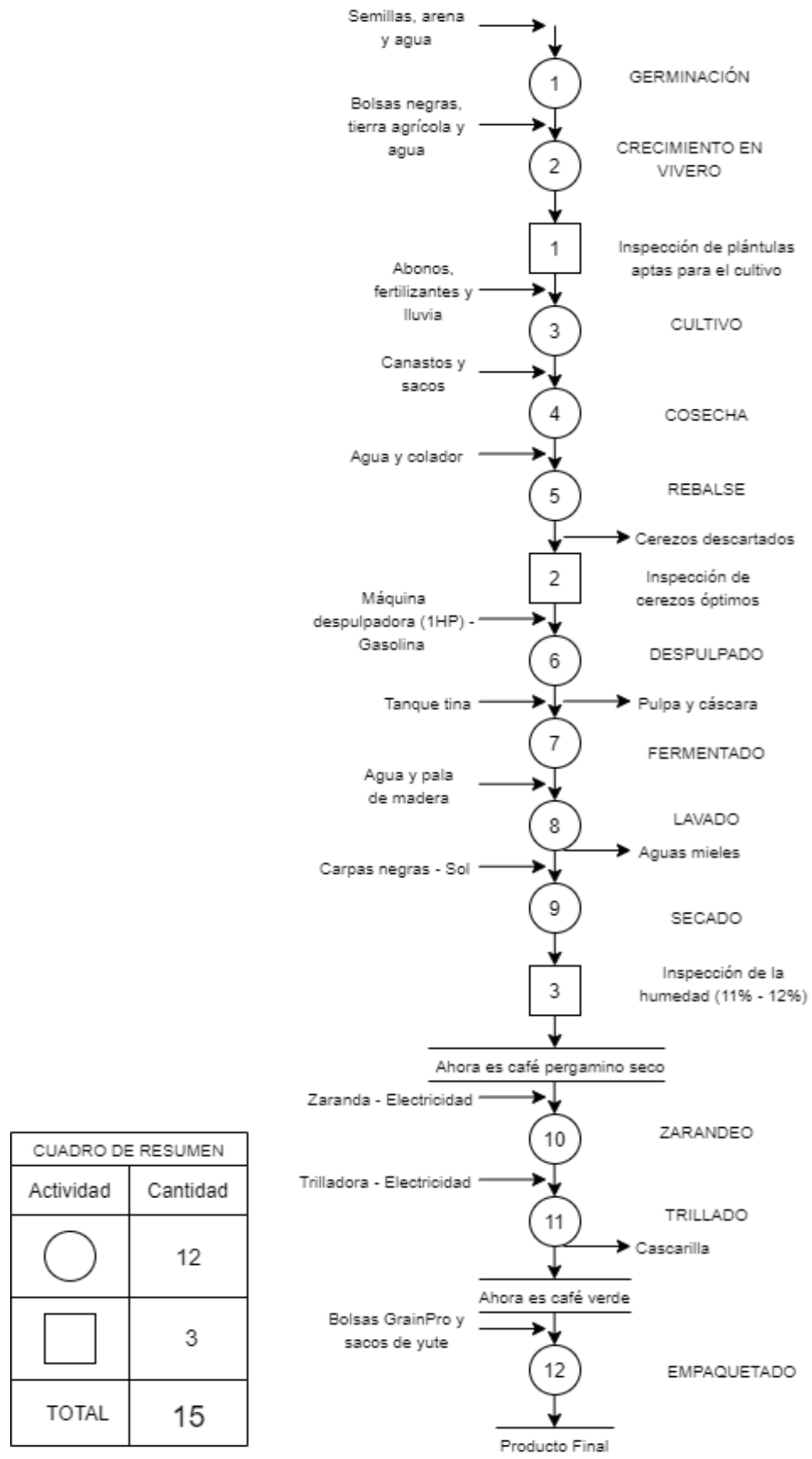


Figura 13. Diagrama SIPOC

Para que quede resumido el proceso de obtención de café oro verde y se represente de una manera gráfica se hará uso de un Diagrama de Operaciones de Proceso (ver figura 14). En él se considerará desde la germinación de la semilla de café hasta la obtención del café verde. El diagrama representará el uso de una despulpadora cuyo motor es alimentado por gasolina y el secado será con carpa tendida al sol. Se especifica lo anterior porque cada productor tiene una manera de realizar sus procesos (no es estandarizado) pero para fines de una comprensión mediante el DOP se tomará en cuenta dichas consideraciones.

Los tiempos de duración de cada proceso es muy variado debido a la altitud y el clima por lo que no puede ser uniformizado. Otro factor variable es la cantidad. Los productores trabajan diariamente con diferentes cantidades. Por ejemplo, ayer se pudo haber cosechado 5 latas de cerezos (cada lata equivale a 18 kg) y hoy solo se cosechó 3 latas. Ayer hizo uso de más cantidad de agua porque lavó 3 veces el pergamino y hoy solo lo lavó una vez porque pertenecerá a otro lote con mayor calidad en taza (mientras menos lava aumenta su puntuación). Son en estas diferencias en las que existe una variación del tiempo estimado de cada proceso. Adicionalmente, cada productor trabaja con grandes cantidades de quintales de café (150 quintales, por mencionar una cantidad) y no controlan cuánto se demoran específicamente por un quintal (55.2 kg), sino que de manera automática realizan su labor y según el clima se los permita.

Se debe señalar que en el diagrama no se tomará en cuenta la cata pues es un trabajo interno que realiza la cooperativa a pequeñas cantidades de café. Éste ha sido detallado en párrafos anteriores, pero no están incorporado al proceso principal puesto que la muestras que se extrae es mínima en comparación de los quintales de café acopiados para el trillado.



| CUADRO DE RESUMEN | |
|-------------------|-----------|
| Actividad | Cantidad |
| ○ | 12 |
| □ | 3 |
| TOTAL | 15 |

Figura 14. DOP del café verde

2.8. Instalaciones y medios operativos

El procesamiento del café se realiza por cada asociado en sus propias fincas. Sin embargo, es en la cooperativa en donde se realiza el acopio del café pergamino seco, el zarandeo, pesado y el control calidad (cata). Son alrededor de 38 m² en donde se realizan los procesos señalados. En ella también se encuentran ubicadas las diferentes oficinas de los departamentos existentes. Se debe mencionar que la organización tiene otro almacén en el departamento de Ambato, Ecuador.

- 1. Tipo de Distribución:** La distribución de la Cooperativa es por proceso ya que cada área o departamento de trabajo está agrupada según las funciones a realizar y su contribución con la organización.
- 2. Instalación de soporte de los procesos:** El proceso de trillado es tercerizado y se realiza en Bagua o Chiclayo. Actualmente, la cantidad más significativa de pergamino trillado se procesa en la segunda ciudad. Los servicios de seguridad y limpieza los realiza el personal de la cooperativa. No se contratan los servicios de otras empresas. El servicio de transporte suele variar por lo que no hay una empresa estable para este proceso. También se cuenta con la energía eléctrica, agua, telefonía e internet
- 3. Equipos y maquinaria:** Se detallará aquellos que intervienen en el proceso productivo. Todos los socios cuentan con 1 máquina despulpadora con motor de 1 hp (*horsepower*). El motor se alimenta con energía eléctrica o, en otros casos, con gasolina. Dentro de la infraestructura que tienen en su finca se menciona a los tanques tina en donde se desarrollará los procesos de fermentación y lavado. La mayoría de ellos están hechos de cemento y suelen ser rectangulares. Entre otros equipos básicos de la organización se tiene las computadoras, *laptops*, *tablets* e impresoras que pertenecen al personal administrativo y las demás oficinas. Respecto al equipo que intervienen para realizar la cata y pruebas de calidad del café se tiene al medidor de humedad. Para este mismo proceso, se cuenta con

pequeñas máquinas trilladoras y tostadoras que tienen la capacidad menor a 3 kg y funcionan con energía eléctrica.



Figura 15. Medidor de humedad



Figura 16. Tostadora de café



Figura 17. Trilladora de café



Figura 18. Despulpadora



Figura 19. Tanque tina

4. Instalaciones para el servicio del personal: La mayoría del personal técnico de la cooperativa vive a los alrededores por lo que no se cuenta con un comedor ya que durante el almuerzo se les da una hora y media para que puedan ir y regresar a sus hogares. Al personal que no vive en la zona se le brinda la facilidad de adquirir una pensión cercana. Además de los baños hay duchas que pueden ser usadas por todo el personal. También, existe un amplio estacionamiento en donde se encuentran la mayoría de las motos lineales que utilizan los inspectores para sus trabajos del día a día.

En el anexo A, se observa el Croquis General de la Cooperativa. Se tomó una fotografía del mismo y en él se puede apreciar que además de las oficinas y las áreas en las que se procesa el café existe un área en el que se realiza el abono orgánico producido por ellos mismos, cuyo nombre es Pachakushi, o el área en donde se crían cerdos y otros animales.

Capítulo 3. Diagnóstico de la empresa

3.1. Aplicación del Análisis de Ciclo de Vida

El Análisis de Ciclo de Vida (ACV) ayuda a conocer cuál es la magnitud del impacto ambiental que se produce por la obtención de un producto o realización de un servicio en el presente. Es decir, ofrece un diagnóstico de cómo es el comportamiento actual del producto o servicio. Con los hallazgos del ACV de este estudio, se provee un sustento importante que ayude a la organización a tomar decisiones para implementar todas las mejoras que busquen optimizar el desempeño ambiental del café orgánico.

Se decidió utilizar esta metodología porque permite conocer todas las repercusiones ambientales que la organización puede causar en su accionar voluntario o involuntario. Entonces, también le ofrece la oportunidad de que puedan enmendar y asumir responsablemente ciertas políticas o cuestiones legales antes de que los impactos sean más significativos. De este modo, contribuye a que se evite pérdidas de dinero o que se dañe la imagen empresarial.

Entre otros de sus beneficios, el ACV desarrolla ventajas competitivas y contribuye a posicionar a la empresa en los mercados internacionales que exigen que los productos presenten estudios ambientales que avale el cumplimiento de criterios establecidos para que puedan ser comercializados. En resumen, el adoptar un enfoque de ciclo de vida permite que las decisiones que hoy se tomen sean las más conscientes pues se reconoce que no son independientes e influyen en el futuro. Por ejemplo, pensar a largo plazo y de manera holística ayuda a que se solucionen los problemas de todo el sistema de manera integral y no solo de una parte del

sistema pues esas mejoras, en el peor de los casos, pueden repercutir contra otra etapa o proceso.

3.1.1 Objetivo y alcance

Siguiendo la metodología del ACV se define como objetivo el analizar y cuantificar los impactos ambientales generados en todo el ciclo de vida del café verde para la toma de decisiones en la cooperativa en estudio.

Para definir el alcance, se analizó el sistema considerando los impactos desde el cultivo del café hasta su puesto en puerto para la exportación, es decir, se realizará un estudio *Cradle to Gate* (desde la cuna a la puerta). En la obtención del café verde de exportación se incluyen las siguientes fases: vivero, cultivo, beneficio húmedo y secado, trillado y puesto en puerto.

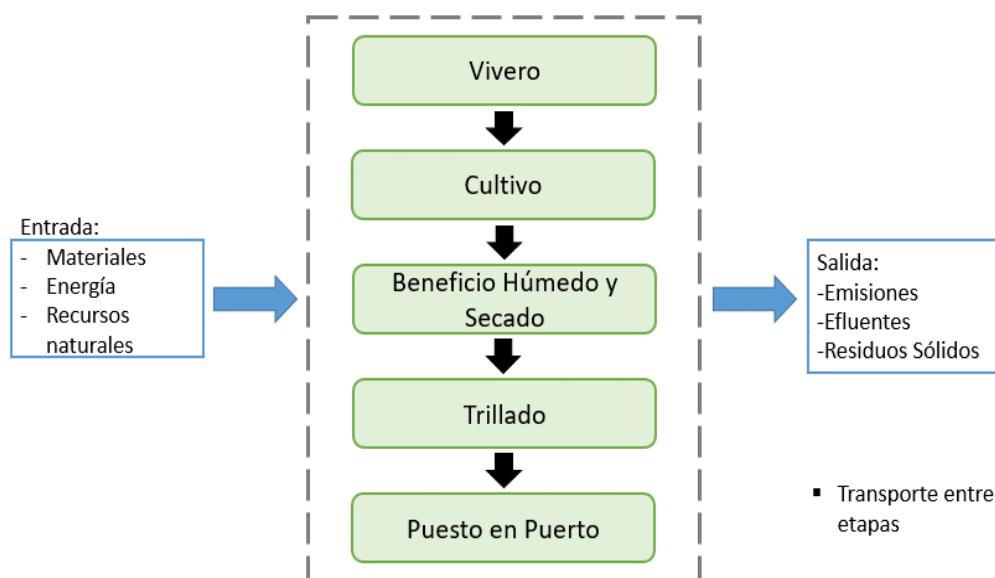


Figura 20. Alcance del estudio

Para la elaboración de los inventarios se requiere que las entradas y salidas estén referidas a una unidad funcional. Aquella será elegida según la función que cumpla el sistema estudiado.

En este caso, como el estudio es sobre las etapas productivas que atraviesa el café para llegar a su estado final de exportación, la unidad funcional del estudio es una tonelada de café verde puesto en puerto.

Es importante delimitar el estudio para enfocar todas las acciones al área específica de interés y administrar mejor los recursos como el tiempo. El estudio se sitúa geográficamente en el distrito de Chirinos que pertenece a la provincia de San Ignacio – Cajamarca. Por otro lado, el horizonte temporal considerado es el año 2018 y solo sobre ese período de tiempo se conducirá el estudio. Asimismo, para el levantamiento de información se eligió una muestra aleatoria de 30 unidades productoras que representan a las diferentes zonas (baja, media y alta) de la localidad. En la tabla 1 se detalla la relación de cada uno de los socios que forman parte de la muestra elegida.

Tabla 1. Relación de productores encuestados

| Nombres y Apellidos | Celular | Zona | Código |
|------------------------------|----------------|-------------|---------------|
| Teodomira Bermeo Huaches | - | Alta | (1 P) |
| Hilario Roman Mejía | 918 699 956 | Alta | (2 P) |
| Alberto Cruz Cruz | 929 998 560 | Media | (3 P) |
| Ricardo Castillo Calle | - | Baja | (4 P) |
| Roman Lopez Teodulo | 932 034 903 | Baja | (5 P) |
| Juan Absalon Guerrero Rivero | 988 403 824 | Baja | (6 P) |
| Fidelina Neira Peña | 976 809 337 | Baja | (7 P) |
| Filadelfo Quinde Bermeo | - | Alta | (8 P) |
| Gilverto Guevara Chavez | 921 412 720 | Alta | (9 P) |
| Dameria Chumasero de Cano | 938 398 807 | Media | (10 P) |
| Miguel Saavedra Vilela | - | Media | (11 P) |
| Miguel Ramirez Agurto | 976 928 965 | Media | (12 P) |
| Andrés Bermeo Calderón | 985 462 142 | Alta | (13 P) |
| Salomón Bermeo Calderón | 976 918 253 | Alta | (14 P) |
| Casinaldo Chanto Herrera | - | Baja | (15 P) |
| Silvia Lizana Rodríguez | 953 154 514 | Media | (16 P) |
| Sergio Palermo Altamirano | 929 498 112 | Alta | (17 P) |
| Vlas Marín Mejía | 932 862 390 | Alta | (18 P) |

| | | | |
|------------------------------------|-------------|-------|--------|
| Alejandro Gomez Vargas | - | Alta | (19 P) |
| Juan Lizana Julca | 961 392 799 | Media | (20 P) |
| Fernando Tocto Ramírez | 935 491 106 | Baja | (21 P) |
| Clemente Mejía Ramírez | 948 857 132 | Baja | (22 P) |
| Pedro Pablo Cruz Rojas | 996 028 992 | Baja | (23 P) |
| José Francisco Castillo Córdova | 942 127 649 | Media | (24 P) |
| Luis Armando Huamán Peña | 983 868 949 | Media | (25 P) |
| Lucila Cruz Córdova | 958 941 935 | Baja | (26 P) |
| Diana Greys Pachas Quiñones | 950 840 674 | Baja | (27 P) |
| Arcadio Carrillo Román | 925 796 221 | Alta | (28 P) |
| Rodolfo García Córdova | 921 260 428 | Media | (29 P) |
| Melquiades Montalván García | - | Alta | (30 P) |

Para visitar a los socios y realizar las entrevistas se tenía que tener una comunicación previa para que ellos se comprometían en brindar algunos minutos de su jornada diaria. De la misma manera, los socios señalaban en dónde sería el lugar de encuentro. Como se aprecia en la figura 21, en algunas ocasiones la entrevista fue en sus casas o en otras en la misma finca de producción. Incluso, también se presentaron casos en que, pese a la coordinación previa, surgían percances y se reprogramaba la visita al socio. Para poder llegar a ellos, un técnico de la cooperativa era el encargado de realizar el acompañamiento y también el traslado pues los lugares de accesos son complicados y solo se podía acceder hasta cierto tramo en moto lineal y luego a través de caminatas.



Figura 21. Entrevistas realizadas

Para las entrevistas, se elaboraron cuestionarios que constaban de preguntas específicas por cada etapa del ciclo productivo del café. La ejecución fue lo más didáctica posible pues lo importante era transmitirle confianza y atención al socio. Se priorizó que ellos se sientan cómodos y abiertos en brindar información por medio de una plática cordial. El objetivo era conocer cómo cada socio lleva a cabo las diferentes actividades, que precisen los insumos, materiales, herramientas utilizados, así como las cantidades respectivas. No solo ello, sino que cada entrevista era una nueva oportunidad de conocer más sobre el cultivo de café. La información obtenida en la recolección de datos fue usada para desarrollar el inventario de las fases que incluye el estudio. Las preguntas del cuestionario se muestran en el anexo B.

El levantamiento de información se dividió en 3 etapas. En primer lugar, las entrevistas abarcan todo lo relacionado a la obtención de semillas, desarrollo de germinadores, vivero, trasplante, usos del suelo y de fertilizantes. En segundo lugar, lo que respecta a la cosecha y lo referente al beneficio húmedo (despulpado, fermentado, lavado, secado y almacenado). Por último, en esta etapa se estudió el proceso del trillado en la planta que se encuentra en

Chiclayo. Para el cumplimiento de todas las etapas se realizaron 5 viajes hacia la zona de estudio. El primero fue del 8 al 15 de octubre del 2018. El segundo viaje, del 13 al 22 de noviembre del mismo año. Durante el 2019, se realizaron las siguientes tres visitas de estudio. El tercer viaje fue del 13 al 16 de enero. La cuarta fecha fue del 19 al 24 de enero y, por último, la quinta visita se realizó del 19 al 26 de mayo.

Con respecto a la metodología de evaluación de impacto ambiental se utilizó el IPCC 2013 y ReCiPe 2016 que están incluidos en la base de datos Ecoinvent (Ecoinvent, s.f.). El primer método de análisis cuantifica las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) a lo largo del ciclo de vida del producto. En especial, se considerará la categoría de cambio climático. El segundo método de análisis cuantifica varias categorías de impacto. Para este estudio se van a considerar las siguientes categorías: acidificación y eutrofización. Cabe señalar que la herramienta informática empleada para la ejecución del estudio es SimaPro 8.5.2.0 (SimaPro, s.f.).

3.1.2 Análisis del inventario de ciclo de vida

El inventario de un sistema es en donde se detallan todas las entradas (materias primas, fuentes de energía, recursos naturales) y salidas (emisiones, vertidos, residuos y los productos resultantes) de cada proceso que interviene durante el ciclo de vida de un producto. En el anexo C. se podrá observar el inventario completo del estudio en cada uno de sus procesos.

El inventario que se muestra es de una unidad productora de café orgánico, es decir en base a lo realizado por un socio de la organización, en cada una de sus etapas. La etapa inicial le corresponde al vivero que se divide en el proceso de germinación y el vivero propiamente dicho. De 1 kg de semillas se puede obtener entre 2 500 a 3 000 chapolas. Normalmente, para

la elaboración de su germinador utilizan un área de 1 m² por cada kg de semillas. Además, se estima que luego de 2 meses brotarán las primeras hojas de la semilla. En dicho estado, la plántula recibe el nombre de chapola. La tabla 2 muestra las entradas y salidas que intervienen para la obtención de una chapola.

Tabla 2. Inventario en la etapa de vivero - germinador

| SUBPROCESO: Germinación de semilla | | |
|------------------------------------|-------|---------------------------|
| Entradas | | |
| Semilla | 0.40 | g / chapola |
| Área | 4.00 | cm ² / chapola |
| Arena | 50.00 | g / chapola |
| Agua | 6.00 | ml / chapola |
| Salidas | | |
| Chapola | 1.00 | und |

En la tabla 3 se resumen las entradas y salidas que intervienen en la obtención de una plántula. Adicionalmente, se ha considerado que la cantidad de agua empleada de riego es de medio litro por metro cuadrado empleado y que la frecuencia de riego es cada cuatro días.

Tabla 3. Inventario en la etapa del vivero

| SUBPROCESO: Vivero | | |
|--------------------|------|----------------|
| Entradas | | |
| Chapola | 1.11 | und / plántula |
| Bolsas negras | 2.80 | g / plántula |
| Tierra agrícola | 0.58 | kg / plántula |
| Agua | 4.70 | ml / plántula |
| Salidas | | |
| Plántula | 1.00 | und |

Asimismo, la tabla 4 detalla todo aquel ítem que interviene en la obtención de una tonelada de cerezo durante la etapa de cultivo. Para calcular la cantidad de cafetos necesarios se consideró la cantidad de cafetos totales, los años de vida del cafeto, la producción anual de

cerezo y el número de hectáreas de producción. La vida útil de café oscila entre 7 a 10 años.

Para la unidad productora seleccionada se obtuvieron los siguientes valores:

$$\frac{3679 \text{ cafetos}}{\text{ha}} \times \frac{3.5 \text{ ha}}{33.66 \frac{\text{t cerezo}}{\text{año}} \times 7 \text{ años}} = 54.64 \frac{\text{cafetos}}{\text{t cerezo}}$$

Para obtener las cantidades de abono utilizadas solo se divide los kilogramos totales según el tipo de abono y las toneladas de cerezo que se obtuvo en su producción. La cantidad de lluvia se obtuvo según la precipitación del distrito. Esta información fue proporcionada por un miembro de la cooperativa que de manera manual completa una planilla climatológica del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI). De las planillas se calculó que la suma total de la precipitación mensual durante el año 2018 fue de 12 622.27 L / m². Posteriormente se utilizó su equivalencia en términos de ha (1 ha = 10 000 m²) y m³ (1 m³ = 1000 L). Finalmente, la precipitación resultante en el año 2018 fue de 12 622.67 m³/ ha.

Mediante la caracterización de los diferentes abonos utilizados, se calculó la cantidad de nitrógeno aplicado. Para cuantificar las emisiones al aire se tuvieron en consideración las siguientes fórmulas:

- $N_2O = \frac{44}{28} \times (0.01 \times (N_{\text{tot}} + N_{\text{cr}} + 0.0 N_{\text{bf}}) + 0.01 \times \frac{14}{17} \times NH_3 + 0.0075 \times \frac{14}{62} \times NO_3^-)$, (IPCC, 2006).

En donde N_{tot} = Total N (kg N ha⁻¹)

- N_{cr} = N residual en el cultivo (kg N ha⁻¹) = 0
- N_{bf} = N proveniente de fijación biológica (kg N ha⁻¹) = 0
- NH_3 = Volatilización de amonio (kg NH₃ ha⁻¹)
- NO_3^- = Nitrato lixiviado (kg NO₃- ha⁻¹)

- $\text{kg NO}_x = \frac{2.6}{100} \times \frac{30}{14} \times \text{kg N aplicado}$, (EEA, 2013)

Para cuantificar las emisiones al agua se hizo uso de la siguiente fórmula:

- $\text{NO}_3^- \text{ - N (kg/ha)} = \text{N (kg / ha)} \times \text{factor}$

Según Barry (2011), el factor asumido es de 0.1

Tabla 4. Inventario en la etapa del cultivo

| SUBPROCESO: Cultivo | | |
|------------------------------|----------|---|
| Entradas | | |
| Cafetos | 54.64 | und / t cerezo |
| <i>Abonamiento</i> | | |
| Entradas | | |
| Pachakushi | 164.43 | kg / t cerezo |
| Compost | 20.55 | kg / t cerezo |
| Lluvia | 1 729.61 | m ³ / t cerezo |
| Salidas | | |
| Cerezo | 1.00 | t |
| <i>Emisiones al aire</i> | | |
| NO _x | 59.40 | g NO _x / t cerezo |
| N ₂ O | 17.00 | g N ₂ O / t cerezo |
| <i>Emisiones al agua</i> | | |
| NO ₃ ⁻ | 106.50 | g NO ₃ ⁻ / t cerezo |

La tabla 5 muestra las entradas y salidas que intervienen en la obtención de una tonelada de cerezo durante la cosecha. Se debe hacer notar los pesos y la vida útil considerados en este inventario. Por un lado, el peso de un saco de polipropileno es de 150 gramos y tiene una vida útil de 3 años. Por otro lado, el peso de los recipientes de plástico es de 780 gramos y tiene una vida útil de 4 años. Estas consideraciones fueron necesarias para hallar la relación kg del material/ t cerezo al año.

Tabla 5. Inventario en la etapa de la cosecha

| SUBPROCESO: Cosecha | | |
|-------------------------|------|---------------|
| Entradas | | |
| Recipientes de plástico | 0.21 | kg / t cerezo |
| Sacos de polipropileno | 0.15 | kg / t cerezo |
| Salidas | | |
| Cerezo cosechado | 1.00 | t |
| Sacos residuo | 0.02 | kg / t cerezo |

En la tabla 6, se muestran todas las entradas y salidas que intervienen en la obtención de una tonelada de pergamino seco durante los procesos de rebalse, despulpado, fermentado, lavado, secado y apilado. También, se han realizado algunas precisiones sobre los rendimientos y las fórmulas utilizadas para la cuantificación de las emisiones.

- El 15.1% del cerezo representa el peso del café pergamino seco (c.p.s).
- El 55.75% del cerezo representa el peso del café pergamino en baba.
- El 29.15% del cerezo representa el peso del café pergamino húmedo.
- La humedad del café pergamino lavado es de 60%.
- Para calcular el peso de los tanques tina se hizo uso de la densidad del concreto (2300 kg / m³) y una vida útil de 20 años.
- El peso de la despulpadora se aproximó a 75 kg y una vida útil de 10 años.

Para el cálculo de las emisiones al aire correspondientes al metano (CH₄) se consideró la siguiente fórmula:

- Emisiones de CH₄ (Gg/ año) = [(RSU_T x RSU_F x L₀)-R] x (1 - OX), (IPCC, 2006)
 - En donde RSU_T = Cantidad de residuos sólidos generados (Gg/año)
 - RSU_F = Fracción de residuos sólidos eliminados = 0.5
 - L₀ = Potencial de generación de metano = FCM x COD x COD_F x F x $\frac{6}{12}$ (Gg de CH₄/ Gg de desechos)

- $L_0 = 0.012$
- FCM = factor de corrección para el metano (fracción) = 0.4
 - COD = carbono orgánico degradable [fracción (Gg C/ Gg de RSU)]= 0.09
 - COD_F = fracción de COD no asimilada =0.5
 - F= fracción por volumen de CH₄ en el gas de vertedero = 0.5
 - R = CH₄ recuperado (Gg/año) = 0
 - OX = factor de oxidación (fracción) = 0

Tabla 6. Inventario en la etapa del beneficio húmedo y seco

| SUBPROCESO: Rebalse | | |
|---------------------------------|----------|-----------------------------|
| Entradas | | |
| Cerezo cosechado | 6.62 | t / t c.p.s |
| Agua | 1 237.29 | L / t c.p.s |
| Salidas | | |
| Cerezo seleccionado | 6.59 | t / t c.p.s |
| Residuo de cerezo | 0.03 | t / t c.p.s |
| Efluentes de agua | 1 237.29 | L / t c.p.s |
| SUBPROCESO: Despulpado | | |
| Entradas | | |
| Cerezo seleccionado | 6.59 | t / t c.p.s |
| Gasolina | 7.00 | L / t c.p.s |
| Despulpadora | 0.97 | kg / t c.p.s |
| Salidas | | |
| Pergamino en baba | 3.70 | t / t c.p.s |
| Cáscara y pulpa | 2.90 | t / t c.p.s |
| <i>Emisiones al aire</i> | | |
| CH ₄ | 0.02 | t CH ₄ / t c.p.s |
| SUBPROCESO: Fermentado - Lavado | | |
| Entradas | | |
| Pergamino en baba | 3.70 | t / t c.p.s |
| Bloque de concreto | 15.80 | kg / t c.p.s |
| Agua | 8 408.50 | L / t c.p.s |
| Salidas | | |
| Pergamino húmedo | 1.93 | t / t c.p.s |
| Aguas mieles | 8 408.50 | L / t c.p.s |
| Melaza | 1.74 | t / t c.p.s |
| SUBPROCESO: Secado y Apilado | | |

| Entradas | | |
|-----------------------------|------|--------------|
| Pergamino húmedo | 1.93 | t / t c.p.s |
| Saco de polipropileno negro | 0.63 | kg / t c.p.s |
| Transporte al almacén | 2.68 | tkm |
| Salidas | | |
| Café pergamino seco | 1.00 | t |

Finalmente, en la tabla 7 se describen las entradas y salidas que intervienen en la obtención de una tonelada de café verde. Éste representa el 70.4% del peso del café pergamino seco. Así también, 9.4 % del café pergamino seco representa el peso del café descarte y el 20.3% del café pergamino seco representa el peso de la cascarilla. Adicionalmente, otro dato a tomar en consideración es que el peso de cada saco de yute es 0.78 kg. Los camiones que transportan al café tienen una capacidad promedio de 25 toneladas.

Tabla 7. Inventario en la etapa del trillado y puesto en puerto

| SUBPROCESO: Trillado y Puesto en Puerto | | |
|--|--------|--------------------|
| Entradas | | |
| Café pergamino seco | 1.42 | t / t café verde |
| Energía | 175.92 | kWh / t café verde |
| Fibra de yute | 11.31 | kg / t café verde |
| Trasporte Chirinos – Chiclayo | 40.10 | tkm |
| Transporte Chiclayo – Paita | 24.48 | tkm |
| Salidas | | |
| Café verde | 1.00 | t |
| Café descarte | 0.13 | t |
| Cascarilla | 0.29 | t |

Para el cálculo de las emisiones del café orgánico se hicieron uso de diferentes fórmulas que, a modo de síntesis, se observan en la tabla 8.

Tabla 8. Cálculo de emisiones

| EMISIONES | | Fórmula | Fuente |
|-----------|------------------------------|---|------------------------|
| Aire | NO _x | NO _x (kg) = (2.6/100) x (30/14) x kg N aplicado | (EEA, 2013) |
| | N ₂ O | N ₂ O (kg/ha) = (44/28) x (0.01 x (N tot + Ncr + Nbf) + 0.01 x (14/17) x NH ₃ + 0.0075 x (14/62) x NO ₃ ⁻) | (IPCC, 2006) |
| | NH ₃ | NH ₃ (kg/ha) = (17/14) x (0.787 TAN x M + 0757) x 0.75 x Am | (Nemecek & Kagi, 2007) |
| | CH ₄ | CH ₄ (Gg/año) = [(RSUT x RSUF x L ₀) - R] x (1 - OX) | (IPCC, 2006) |
| Agua | NO ₃ ⁻ | NO ₃ ⁻ (kg/ha) = N (kg / ha) x Factor Factor = 0.1 | (Barry, 2011) |
| | P | P (kg/ha) = 0.175 + (1 + (0.4/80) x P ₂ O ₅ aplicado) | (Nemecek & Kagi, 2007) |

3.1.3 Evaluación de impactos ambientales

En el ACV es importante considerar todos los productos finales y asignarles el impacto ambiental correspondiente, dicha asignación consiste en definir el porcentaje de carga ambiental correspondiente a cada subproducto, lo cual se realiza de acuerdo al valor económico y al peso de cada subproducto. A continuación, se muestra la ecuación con la cual se asigna los impactos ambientales y su notación matemática:

$$F_i = \frac{P_i \times W_i}{\sum_{i=1}^N P_i \times W_i}$$

Donde:

- F_i : Porcentaje de asignación del subproducto i
- P_i : Precio del subproducto i

- W_i : Peso del subproducto i

Para el proceso del café se van a utilizar las cantidades totales de café verde y café descarte obtenido luego del proceso de trillado. Además, se conocen los precios de cada subproducto. Así, se obtendrá el porcentaje de contribución a la carga ambiental de cada uno de ellos. La tabla 9 muestra lo anteriormente señalado.

Tabla 9. Cantidades y precios de los subproductos

| Subproductos | Cantidad | Precios (USD/t) |
|-------------------|----------|-----------------|
| Café verde (t) | 1.00 | 3 751.96 |
| Café descarte (t) | 0.13 | 1 487.83 |
| Cascarilla (t) | 0.29 | 20.00 |



Figura 22. Entradas y salidas del proceso de trillado
Nota: Elaborado con la página web www.sankeymatic.com

- % Asignación café verde = $(1 \times 3\,751.96) / (1 \times 3\,751.96 + 0.13 \times 1\,487.83 + 0.29 \times 20)$
% Asignación café verde = **94.95%**
- % Asignación café descarte = $(0.13 \times 1\,487.83) / (1 \times 3\,751.96 + 0.13 \times 1\,487.83 + 0.29 \times 20)$
% Asignación café descarte = **4.90%**
- % Asignación cascarilla = $(0.29 \times 20) / (1 \times 3\,751.96 + 0.13 \times 1\,487.83 + 0.29 \times 20)$
% Asignación cascarilla = **0.15%**

3.1.4 Interpretación de resultados

Luego de la asignación realizada, en la tabla 10 se presentan las emisiones de 1 t de café verde de la unidad productora analizada. Mediante la herramienta informática empleada también podemos obtener cuál es el desempeño del proceso productivo bajo el enfoque de otras categorías ambientales. Sin embargo, el énfasis del estudio es el calentamiento global.

Tabla 10. Emisiones totales por cada categoría de impacto

| Calentamiento Global (kg CO₂ eq) | Acidificación (kg SO₂ eq) | Eutrofización (kg P eq) |
|--|---|------------------------------------|
| 916.14 | 0.78 | 0.03 |

Como se observa, la mayor contribución de emisiones al ambiente es generado por el calentamiento global. Luego de realizar cada subproceso que interviene en la producción de 1 t de café verde, la unidad productora analizada emite en total 916.14 kg CO₂ eq. En términos de acidificación y eutrofización, sus respectivas emisiones son mínimas ya que el estudio se realizó con productores orgánicos. Entonces, no se emplean fertilizantes sintéticos que se filtren en la tierra y contribuyan a exceder los nutrientes propios del agua o que disminuyan el pH del suelo. Además de otras prácticas que protegen y cuidan la preservación de los recursos naturales. Sin embargo, no hay un buen manejo de las aguas mieles porque solo las acumulan en determinados pozos y no reciben ningún tipo de tratamiento.

En la tabla 11, se muestra detalladamente para 1 kg de café verde cuáles son las emisiones asociadas a cada uno de los procesos de transformación del café: vivero, cultivo, beneficio húmedo, secado, trillado y puesto en puerto. Adicionalmente, se muestra en términos porcentuales cuáles son las etapas de mayor incidencia.

Tabla 11. Emisiones de cada proceso y representación porcentual

| Etapas | Cambio Climático (kg CO₂ eq) | Representación porcentual (%) |
|-----------------------------|--|--|
| Vivero | 7.76 | 0.85 |
| Cultivo | 55.72 | 6.08 |
| Beneficio húmedo y secado | 849.15 | 92.69 |
| Trillado y puesto en puerto | 3.51 | 0.38 |
| TOTAL | 916.14 | 100 |

De la tabla anterior, se observa que el proceso de vivero y cultivo son las etapas de menor impacto ambiental. Los impactos generados en la etapa de trillado se deben al consumo de energía en la planta de procesamiento y a los transportes realizados desde el campo a la planta de trillado y de ésta al puerto de embarque. Por otro lado, el proceso de beneficio húmedo y secado es el principal punto crítico de mayor impacto ambiental. En dicho proceso se genera el 92.69% del total de los kg CO₂ eq correspondientes al cambio climático. Para identificar los factores y la medida en que intervienen en el impacto, se realizará un desglose de los materiales, energía y recursos necesarios para que se ejecute este proceso. La figura 23 presenta cada uno de los factores vinculados al cambio climático.

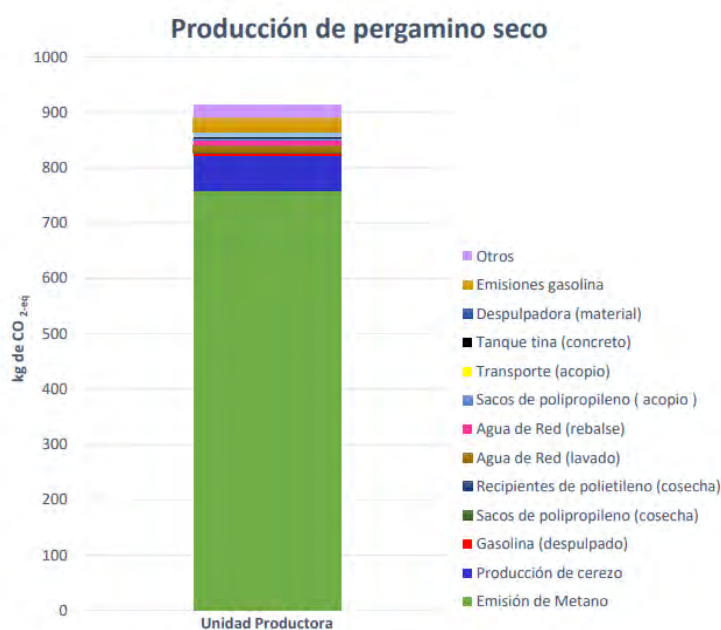


Figura 23. Emisión de los elementos que intervienen en la producción de pergamino seco

La figura 23 muestra que el factor que contribuye, en mayor proporción, al cambio climático es la emisión del metano proveniente del mal manejo de los residuos sólidos procedentes del despulpado del cerezo, de los estiércoles de los animales, de los residuos de alimentos o plantas. Lo ideal sería que mediante el compostaje de éstos se evite que se descompongan en el ambiente de manera indistinta y emitan metano. Pero en su mayoría, solo se hace uso de una parte de estos residuos (50%) para la elaboración de abonos orgánicos. También, entre los aspectos ambientales relevantes en esta etapa se tiene: la generación de aguas mieles y su inadecuado tratamiento, el excesivo consumo de agua y la falta de un adecuado sistema de segregación de residuos.

Así también, se presentan las emisiones de todos los productores que fueron parte del estudio en la tabla 12 y en la figura 24. Se puede evidenciar que los impactos ambientales difieren unos de otros ya que cada productor sigue su propia metodología de procesamiento del café. Entonces, para una tonelada de café verde se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 12. Emisiones por unidad funcional de cada productor

| Código | Cambio Climático kg CO₂ eq | Código | Cambio Climático kg CO₂ eq |
|---------------|--|---------------|--|
| 1 P | 934.54 | 16 P | 857.07 |
| 2 P | 1 074.23 | 17 P | 860.87 |
| 3 P | 986.22 | 18 P | 1 067.15 |
| 4 P | 1 102.45 | 19 P | 1 212.15 |
| 5 P | 905.01 | 20 P | 1 096.03 |
| 6 P | 1 248.41 | 21 P | 870.87 |
| 7 P | 885.67 | 22 P | 1 002.47 |
| 8 P | 1 204.34 | 23 P | 916.14 |
| 9 P | 1 037.85 | 24 P | 857.21 |
| 10 P | 857.42 | 25 P | 938.44 |
| 11 P | 910.07 | 26 P | 883.29 |
| 12 P | 908.86 | 27 P | 863.41 |

| | | | |
|-------------|--------|-------------|--------|
| 13 P | 992.16 | 28 P | 892.88 |
| 14 P | 923.42 | 29 P | 888.93 |
| 15 P | 923.68 | 30 P | 965.45 |

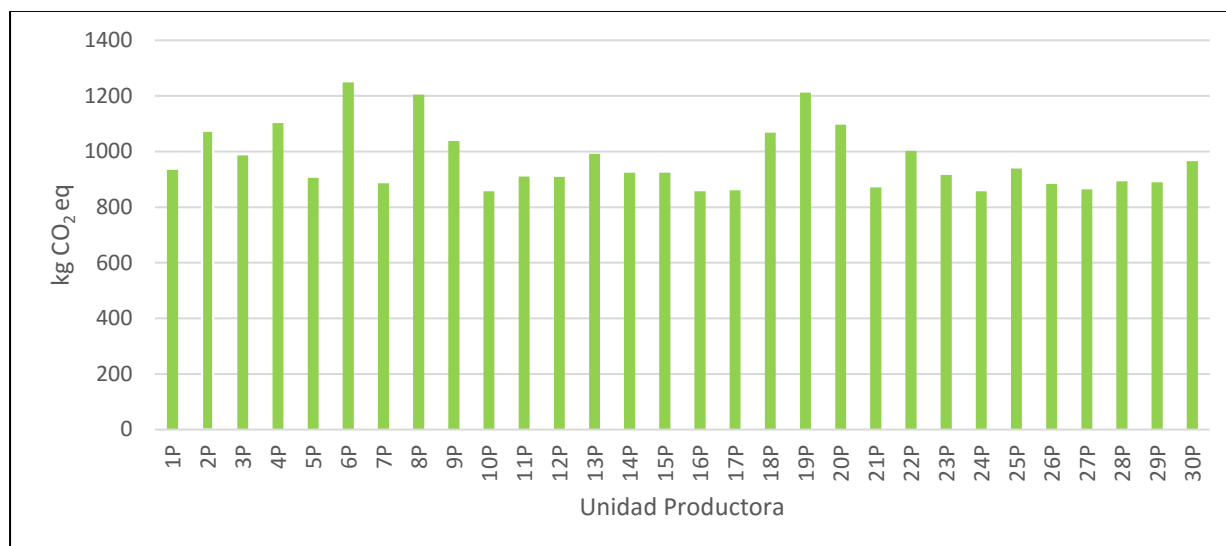


Figura 24. Histograma de las emisiones totales por unidad funcional

3.2. Aplicación del diagrama de Ishikawa

Para cada etapa del ciclo de vida del café, se identificarán los principales problemas y se realizará el diagrama de Ishikawa para determinar las causas que están vinculadas a estos problemas.

3.2.1 Etapa de vivero

La etapa inicial parte con la elección de la semilla a germinar y las diferentes acciones para que ésta se desarrolle y crezca en condiciones óptimas con el propósito de obtener plántulas vigorosas y resistentes a plagas o enfermedades. Lamentablemente, no todos los socios pueden garantizar el desarrollo de una plántula resistente y más aún si desde un inicio se selecciona una semilla de mala calidad o de una variedad que no sea adecuada para las condiciones climatológicas y la altitud de la finca. Entre otras causas se han analizado el tema

del escaso riego, que genera estrés hídrico, o el exceso, que genera charcos en los viveros, debido a la falta de capacitación del encargado de esta labor. Otra acción que no se está cumpliendo es una constante revisión del estado actual de las plántulas (problemas en las hojas o en las raíces). En la figura 25 se mencionan todas las causas del problema de plántulas de baja resistencia.

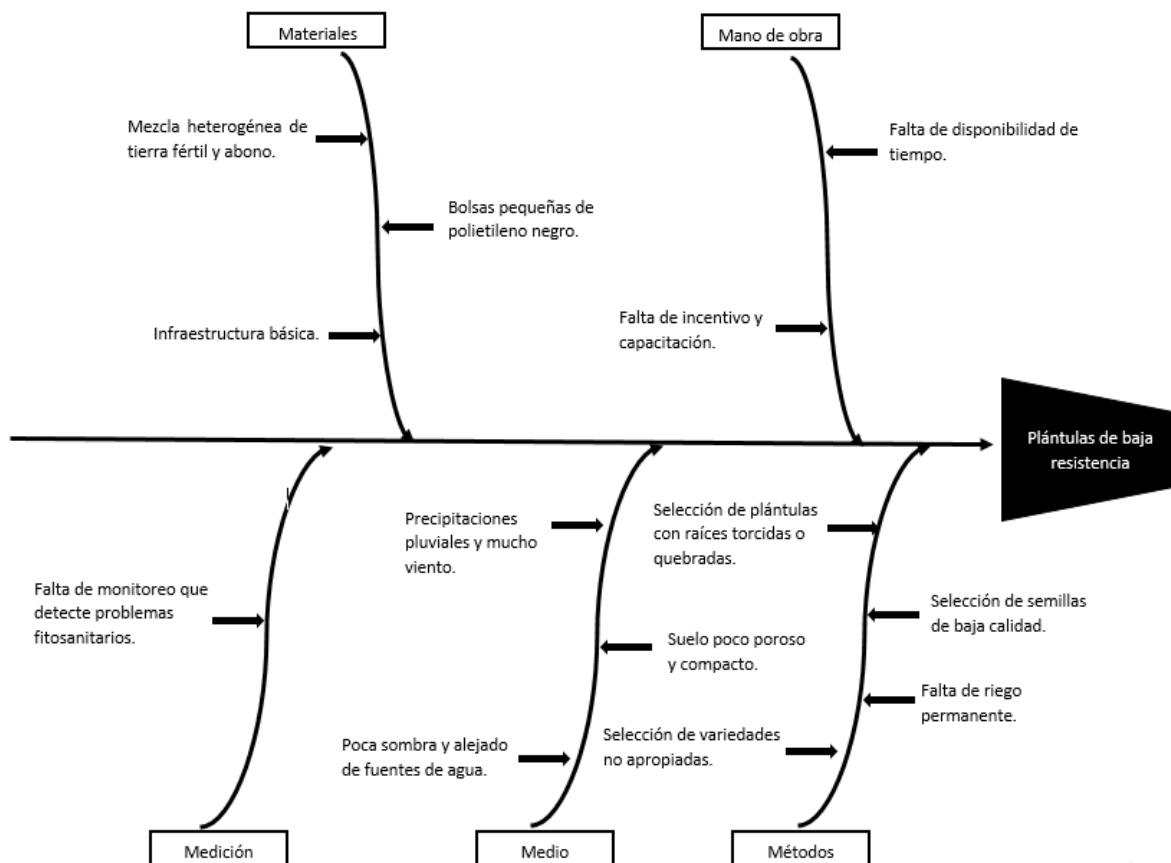


Figura 25. Diagrama de Ishikawa correspondiente al problema de las plántulas de baja resistencia

3.2.2 Etapa de cultivo

Luego de realizar todas las labores correspondientes al cultivo y esperar el tiempo de maduración de los frutos, se cosechan los cerezos. Es desde esta etapa en la que se puede estimar si el socio de la organización cumplirá o no con el compromiso de acopiar la cantidad de café pactado. Uno de los principales motivos, por el cual no se cumple la cantidad estimada de acopio, es por la falta de cuidados preventivos a los cafetos. Es decir, no se les protege de

ataques de plagas y enfermedades mediante la elaboración de trampas y los abonamientos periódicos. Solo con los cuidados adecuados, las plantaciones presentarán un buen estado y les permitirá contrarrestar cualquier agente externo. Al mismo tiempo, es importante cuidar el terreno en el que se encuentran los cafetos porque si no se regula el pH del suelo limita el adecuado desarrollo productivo de éstos. Otro factor que impide su normal desarrollo son las malezas. Éstas compiten con los cafetos al momento de absorber los nutrientes del suelo. En la figura 26 se mencionan todas las causas del problema de incumplimiento de acopio.

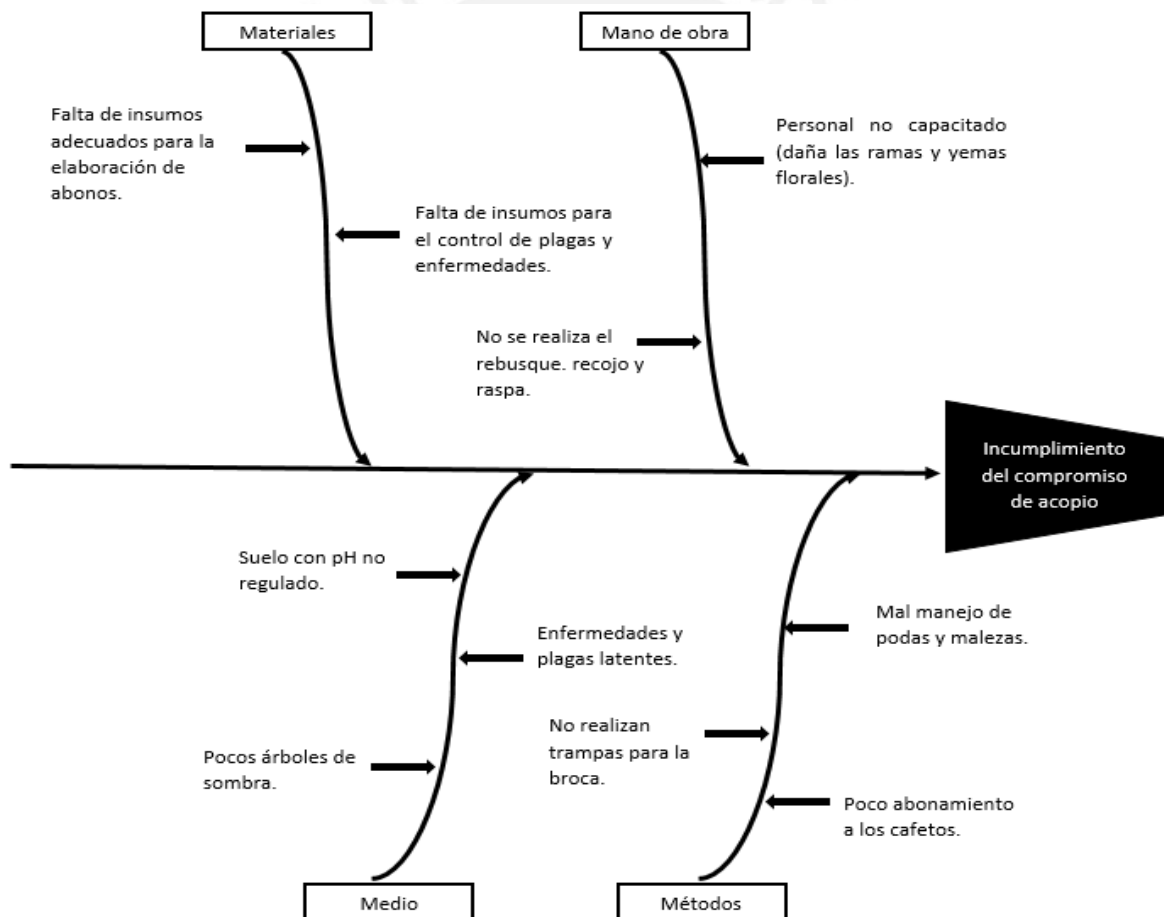


Figura 26. Diagrama de Ishikawa correspondiente al problema de incumplimiento del compromiso de acopio

3.2.3 Etapa de beneficio húmedo y secado

El producto resultante del beneficio húmedo y secado es el café pergamino seco. Éste cuando es acopiado en la cooperativa pasan por una cata para asignarles un puntaje de taza y acorde a ello pagarles a los socios por los quintales acopiados. En ese momento se puede observar cuál es la calidad de taza que se recibe de los socios. Entre los factores que repercuten directamente en la buena calidad de taza se tiene a la cosecha de los cerezos en diferentes grados de madurez, las pocas horas de fermentación del pergamino y la falta de ventilación y limpieza en los almacenes o durante el secado del grano. Respecto a la maquinaria utilizada, la calibración de las despulpadoras y su mal mantenimiento también dañan al grano durante el despulpado. En la figura 27 se mencionan todas las causas del problema de baja calidad de taza.

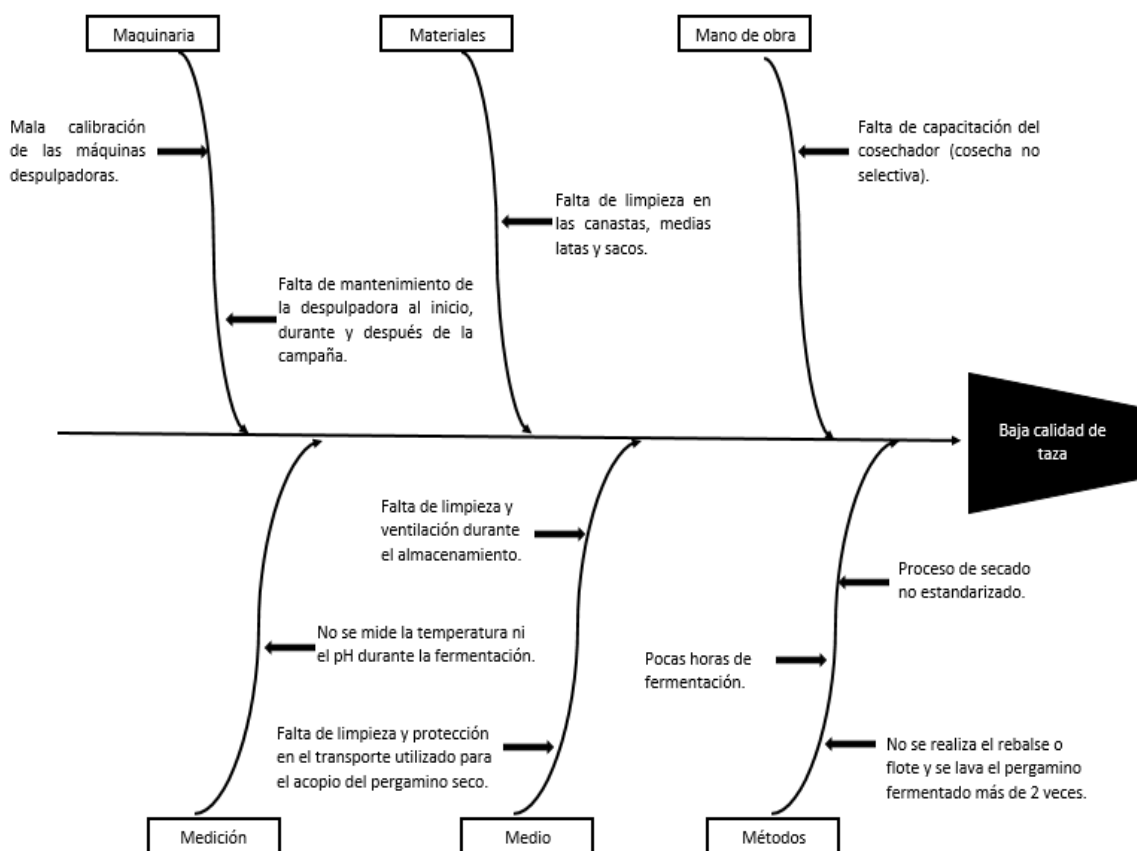


Figura 27. Diagrama de Ishikawa correspondiente al problema de baja calidad de taza

3.2.4 Etapa de trillado y puesto en puerto

Esta última etapa no es realizada por los socios ni por la cooperativa, sino que es un servicio tercerizado. En este sentido, se identificarán las causas que originan el problema que presenta la planta de trillado ubicado en Chiclayo y durante el transporte al puerto de Paita. En ambos casos se tiene que se incumplen los cronogramas establecidos de producción y de envíos. Una acción retrasará a la otra, es decir, si no se despachan a tiempo los quintales de café verde, también ocurrirá un retardo en el cronograma de envíos al puerto. Entre las principales causas se tienen: falta de materiales o insumos, la antigüedad de las máquinas y el desgaste de los cables eléctricos que disminuyen la eficiencia e incrementan el consumo eléctrico o la falta de un seguimiento en el que se cerciore el cumplimiento de cantidades de producción en las fechas establecidas. En la figura 28 se mencionan todas las causas del problema de incumplimiento de los cronogramas establecidos.

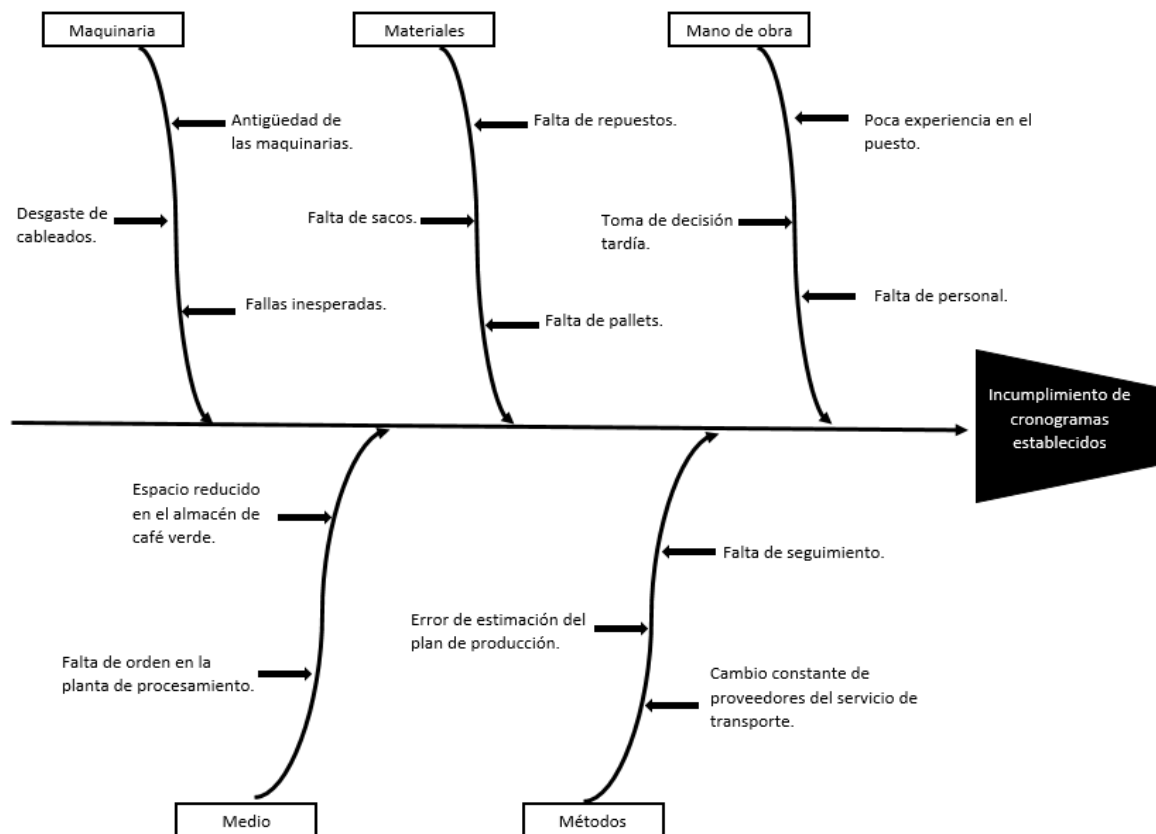


Figura 28. Diagrama de Ishikawa correspondiente al problema de incumplimiento de los cronogramas establecidos

3.3. Resultados del diagnóstico

Con la ayuda del Análisis de Ciclo de Vida y el diagrama de Ishikawa, se ha identificado cuáles son las causas de los problemas más relevantes de la organización en cada etapa del ciclo de vida. Sobre todo, mediante el ACV se calculó la etapa de mayor contribución. Sin embargo, para establecer las contramedidas se tomará en consideración las causas de mayor relevancia. Las tablas 13 y 14 se han elaborado, a modo de síntesis, para explicar el resultado del diagnóstico organizacional de ambas herramientas. Además, se debe señalar que no se incluirá la etapa de trillado y puesto en puerto porque su contribución ambiental es solo el 0.38% del total de emisiones y es una actividad tercerizada.

Tabla 13. Resultados del diagnóstico organizacional utilizando Análisis de Ciclo de Vida

| Etapa del ciclo de vida | Punto Crítico | Causas |
|--------------------------------|--|---|
| Vivero | Representa el 6.93% del impacto ambiental | – Uso de fertilizantes y otros insumos agrícolas. |
| Cultivo | | |
| Beneficio húmedo y secado | Representa el 92.69% del impacto ambiental | – Generación de residuos sólidos (pulpa y cáscara de café cerezo) que se descomponen al medio ambiente. |

Tabla 14. Resultados del diagnóstico organizacional utilizando Ishikawa

| Etapa del ciclo de vida | Punto Crítico | Causas |
|--------------------------------|-------------------------|--|
| Vivero | Manejo agronómico | <ul style="list-style-type: none"> – Falta de un manejo integrado de plagas. – Poca frecuencia de abonamiento a los cafetos. – Falta de capacitación en el manejo agronómico. |
| Cultivo | | |
| Beneficio húmedo y secado | La calidad del producto | <ul style="list-style-type: none"> – Procesos no estandarizados. – Falta de limpieza y orden en el entorno laboral |

El enfoque de Análisis de Ciclo de Vida se ha utilizado para desarrollar investigaciones en diferentes campos no solo de producción, sino de servicios e incluso sociales. Es interesante poder situar el actual estudio con otras investigaciones que ya han sido realizadas porque contribuyen a profundizar el conocimiento de los diferentes impactos generados durante el ciclo de vida del café y plantean propuestas de mitigación.

Existen investigaciones comparativas según el tipo de producción del café. En un análisis de ciclo de vida, realizado en Vietnam, se identificaron y compararon los efectos ambientales entre tres tipos de sistemas productivos: convencional intensivo, convencional moderado y orgánico intensivo. Los resultados de la huella de carbono generados por cada sistema durante la obtención de 1 kg de café verde del tipo robusta son de 0.935, 0.729 y 0.644 kg CO₂ eq, respectivamente (Trinh, Hu, Lan & Chen ,2019). Uno de los principales puntos críticos fue el uso de fertilizantes y pesticidas que contribuyen, en promedio, un 75% al calentamiento global. Entonces, para contrarrestar esa situación los autores plantean que los agricultores antepongan el uso del compost orgánico elaborado por ellos mismos. La indagación también concluye que la salud humana se ve afectada por el cultivo de café. En consecuencia, los planes de mitigación deben enfocarse tanto en el medio ambiente como en el hombre.

Por su parte, se tiene estudios que analizan toda la cadena del café. En un trabajo realizado en Costa Rica, se calculó la huella de carbono en toda la cadena de suministro. Se involucraron las etapas de producción y exportación desarrolladas en el país; mientras que las demás actividades, que representan más del 60% del total, como el tostado, consumo y disposición final se desarrollaron en Europa. Luego de separar estas etapas, se obtuvo que la huella de carbono de todos los procesos realizados en Costa Rica es de 1.78 kg CO₂ eq por cada 1 kg de café verde exportado y que en Europa se generan 3.05 kg CO₂ eq (Killian, Rivera, Soto, Navichoc, 2012). Como dato relevante se desprende que las aguas residuales, los fertilizantes utilizados, la energía eléctrica y el uso de cafeteras automáticas son causantes del 73% del impacto ambiental total generado. Por último, la investigación propone que se tomen acciones durante el beneficiado para poder reducir en un 7% el total de las emisiones. Otra propuesta planteada fue la producción de biogás proveniente de las aguas residuales para ser empleado durante el secado. Sin embargo, en términos financieros es poco viable.

En contraparte, también se puede analizar solo un eslabón del ciclo de vida del café. Se desarrolló un estudio que solo se centra en los diferentes métodos de preparación de café pues se revela que es durante la etapa del consumo donde se produce una mayor emisión de gases de efecto invernadero en todo su ciclo de vida. Los impactos ambientales varían según el método que se elija para su preparación, la eficiencia del equipo y el comportamiento del consumidor. El usuario tiene una gama amplia de cafeteras con marcadas diferencias en los siguientes aspectos: tecnología, consumo de energía y material utilizado que repercuten en el nivel de impacto (Brommer, Stratmann & Quack, 2011). Por ejemplo, la conducta del usuario influye en el consumo de energía pues no es igual dejar las cafeteras en modo de suspensión que apagarlas. Entre el análisis comparativo del impacto generado por las máquinas de café más populares, se concluyó que las que contribuyen con un menor impacto son la prensa francesa y la de goteo, también llamada de filtro. Mientras que las que tienen el mayor impacto son las cafeteras totalmente automáticas y las de cápsula. Por ello, el estudio recomienda que las personas tomen conciencia, opten por la compra de máquinas cafeteras con mayor eficiencia y que ejerzan de manera responsable e inteligente su uso.

Como se ha evidenciado en los párrafos anteriores, los estudios de ACV del café pueden representar un diagnóstico completo de la situación actual, se pueden utilizar para comparar más productos o solo se centran en una etapa del ciclo de vida. La presente investigación concuerda con los estudios en que, solo analizando el ciclo de vida de café hasta antes de su exportación, la etapa de beneficiado es un punto clave en el cual se deben realizar mejoras para mitigar los impactos ambientales. Asimismo, se sugiere que mediante el compostaje se contrarresta el nivel de contaminación. Respecto al cambio climático, la cooperativa emite, como promedio de la muestra, alrededor de 0.97 t de CO₂ eq por t de café verde. En relación a

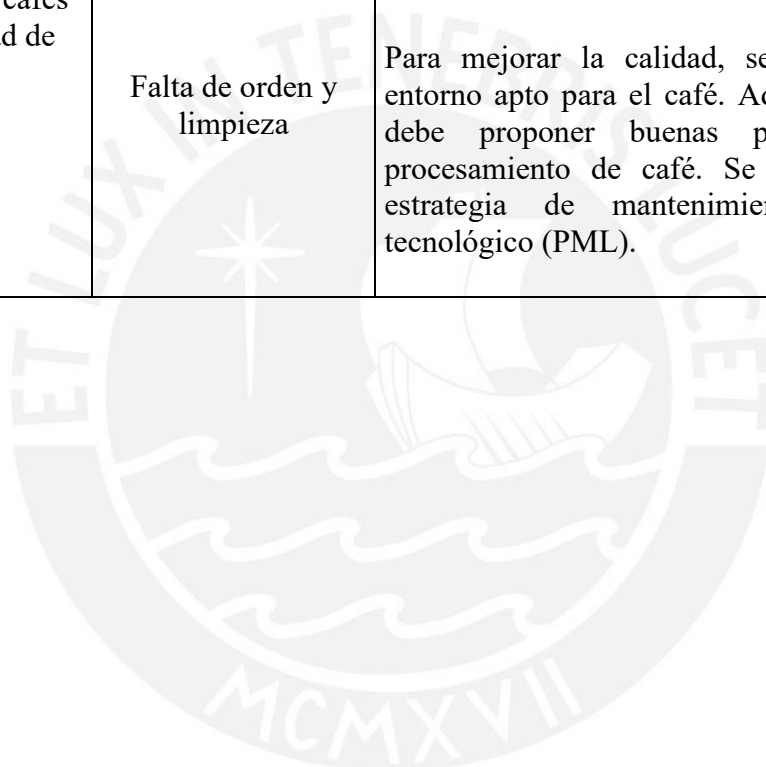
los otros estudios, este hallazgo se encuentra en el rango de 0.64 y 1.78 CO₂ eq por kg de café verde. Claro está, que no se puede comparar directamente pues para la obtención de café orgánico peruano las unidades productoras utilizan un mínimo de tecnología y evitan la aplicación de fertilizantes sintéticos.

Es así que, luego de unificar los resultados de las herramientas empleadas, se plantean las acciones a tomar para resolver los problemas de la organización. En la tabla 15 se proponen las medidas correctivas a los problemas organizacionales identificados.

Tabla 15. Contramedidas para cada problema identificado

| Principales problemas | Causa raíz | Contramedidas |
|--|--|---|
| Riesgo de salir del mercado europeo por no tener un mejor desempeño ambiental. | Falta de reutilización de los residuos orgánicos. Se desconoce la cantidad de recursos empleados. | <ul style="list-style-type: none"> – Recuperación de residuos sólidos y efluentes. – Tratamiento de aguas residuales. – Compostaje. – Uso eficiente de recursos (materia prima, insumos, agua y energía). <p>Mediante la aplicación de la estrategia de cambio tecnológico de Producción más Limpia se establecerá un plan de ejecución para contrastar la situación actual que develó siguiendo la metodología del Análisis del Ciclo de Vida.</p> |
| Los socios (unidades productoras) no cumplen con su compromiso de acopio. | Inadecuado control de plagas. | <ul style="list-style-type: none"> – Manejo integrado de plagas. – Plan de nutrición y fertilización. |

| | | |
|---|----------------------------------|---|
| | Poco abonamiento de los cafetos. | A través de la estrategia de cambio tecnológico (PML), se plantea que se ejecuten los procedimientos adecuados que contribuyan al buen desarrollo de los cafetos y le brinde la protección ante plagas o enfermedades. |
| Ha incrementado la producción de cafés de baja calidad de taza. | Procesos no estandarizados | <ul style="list-style-type: none"> – Aplicación de las 5S en la etapa de beneficio húmedo y secado. – Revisión técnica de equipos e instalaciones. – Estandarización de procesos. |
| | Falta de orden y limpieza | Para mejorar la calidad, se debe crear un entorno apto para el café. Adicionalmente, se debe proponer buenas prácticas en el procesamiento de café. Se hará uso de la estrategia de mantenimiento y cambio tecnológico (PML). |



Capítulo 4. Propuestas de mejora

4.1. Propuesta de mejora en la etapa de cultivo

4.1.1 Aplicación de estrategias de PML

1. Estrategia de cambio tecnológico

- **Manejo integrado de plagas:** Para proteger los frutos del café de las plagas, como la broca, los agricultores deben ejecutar un manejo de métodos integrados y variados. En la mayoría de los casos, se cree que solo se puede combatir una plaga mediante el control químico; sin embargo, también se cuenta con controles culturales, biológicos y el uso de trampas. Actualmente, no todos los productores realizan los controles biológicos o por medio de trampas porque aseveran que su parcela es exenta a ellas por su ubicación. Usualmente, lo que sí realizan es el control cultural, aunque por falta de tiempo se han reportado casos en donde no lo ejecutan adecuadamente o se les olvida hacerlo.

Luego de la campaña de cosecha, el procedimiento correcto de ejecutar el control cultural consiste en recolectar todos los frutos restantes tales como frutos en estado maduro, sobremaduro y secos que se encuentran en el suelo de las parcelas o en las ramas de los cafetos. Se recomienda esta acción debido a que la broca puede reproducirse en los estados anteriormente señalados, generalmente en un tiempo mayor a las 20 semanas (Cenicafé, 2012). Además, para facilitar esta labor, así como la cosecha, se debe realizar podas cuando se considere que las ramas están muy crecidas o dañadas. La principal finalidad es que la poda contribuye en mantener el buen estado de los cafetos por medio de la aireación y acceso a la luz solar.

Otra propuesta es optar por realizar el control biológico que consiste en la utilización de organismos vivos para combatir las plagas. En términos generales los productores no utilizan ningún tipo de indumentaria que los proteja de las fumigaciones que realizan el control. Estos organismos se esparcen por las zonas que, a criterio propio, consideran que la necesitan. Mas no calculan la dosis a aplicar. Unos de los más conocidos e importantes hongos que protegen a los cafetos de las plagas es la *Beauveria bassiana* que se puede hallar en diferentes productos agrícolas ya elaborados como el Baubassil, Brocaril WP o el Bassianil (Cenicafé, 2009). Para que se combata efectivamente la broca es importante tomar en consideración la elección del producto a comprar. Sobre todo, en el tema de la concentración de hongos presentes en él. La Federación Nacional de Cafeteros de Colombia recomienda que la mínima concentración de esporas por gramo de producto debe de ser de 1×10^9 y que se debe utilizar 2×10^{10} esporas por litro de agua (2018). Es decir, son 2 g de producto cuya concentración es de 1×10^{10} . Entonces, si la concentración de esporas es mayor, se utilizan menos gramos de producto. En cambio, si la concentración es menor se debe utilizar más cantidad del producto. No solo se debe calcular y tener la concentración adecuada del producto, sino que se debe aplicar de forma efectiva y correcta a los cafetos. Para ello, con la ayuda de equipo fumigador se debe esparcir la dosis preparada a las ramas y a los frutos de los cafetos. Es importante que la persona encargada de esta tarea cuente con la indumentaria de seguridad adecuada (mameluco, guantes, botas, lentes de seguridad y máscaras respiratorias), la capacitación y el adiestramiento. Se estima que la dosis de aplicación a cada cafeto es de 50 cm^3 (FNC, 2018).

Por último, por medio de la fabricación y uso de trampas se protege a los cafetales de los agentes externos como la broca, cuyo nombre científico es *Hypothenemus hampei*, que es la principal plaga en la zona. Se ha comprobado con algunos productores

que, haciendo uso de una botella de plástico (suele ser los envases de gaseosas), un frasco de vidrio pequeño, que recibe el nombre de vial y una concentración atrayente de café se puede elaborar trampas efectivas para las brocas. Primero, se debe tomar el envase de gaseosa, de preferencia mayor de 1 litro, e invertir su posición de tal manera que la base sea el pico de la botella donde está la tapa rosca. Acto seguido, por la parte delantera de la botella, aproximadamente por la mitad, realizar un corte en forma de un rectángulo en sentido horizontal. De esta manera, lo que se tiene es una especie de ventana para la botella. Es en esa abertura en la que se introducirá el vial y será sostenido por rafia. Para esto, por el extremo opuesto al pico de la botella se realizarán dos agujeros para que allí se amarre la rafia que sostendrá al vial que contiene la solución atrayente. Antes de este paso, se llenará el vial con una solución que consta de 100 cm³ de alcohol etílico, 300 cm³ de alcohol metílico y 50 cm³ de esencia de la cereza de café. Finalmente, por la abertura de la botella se introduce agua y detergente que se asentará hacia el lado de la tapa rosca para que los insectos que se acerquen a la trampa se ahoguen. La duración del atrayente es de 3 semanas, tiempo en el que se evaporan los alcoholes y deben ser repuestos al igual que el agua con detergente. Además, la Fundación para el Desarrollo Socioeconómico y Restauración Ambiental (FUNDESYRAM) recomienda que por cada hectárea de cafetos cultivados se coloquen alrededor de 35 trampas dentro del follaje de los cafetos a una altura de 1.2 m (s.f.).

El uso de estos métodos integrados se ha visto reflejado en la productividad de cada productor. Se tiene el caso de un socio quien no realizó el control de plagas en ninguna de sus 6.5 ha y fueron atacadas por la broca obteniendo como producción final solo 0.401 t de c.p.s / ha. Mientras tanto, otro productor que sí le dedicó tiempo a realizar un buen manejo integrado de plagas obtuvo una producción final de 2.05 t de c.p.s / ha. Se debe

mencionar que tuvo una producción mayor al promedio que es 1.38 t c.p.s / ha, que equivale a un rendimiento de 48.6% superior. En la figura 29 se observa a uno de los productores sosteniendo la trampa para brocas.



Figura 29. Trampa para broca

- **Plan de nutrición y fertilización:** El suelo posee diferentes minerales por lo que es una fuente de nutrición para las plantas. En el caso del café, cada vez que se cosechan los cerezos se extraen estos elementos minerales y el suelo queda, en un período de tiempo, desabastecido y en desbalance con la demanda de nutrientes de la planta. Por cada 60 kg de c.p.s producidos se extraen 2.5 kg de minerales al suelo (Sierra Exportadora, s.f). Entonces, para suministrar al suelo de los minerales faltantes se debe realizar el abonamiento. El café como otros tipos de plantas requiere de 13 elementos minerales, para su desarrollo, que se dividen en macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg y S) y micronutrientes (Zn, Fe, B, Mo, Mn, Cu y Cl) (Agrobanco, 2012).

La situación actual de los productores de la localidad es que por falta de recursos económicos existen temporadas en las que no pueden adquirir los fertilizantes necesarios para suministrar a los cafetos de sus parcelas. En otros casos, los productores solo suelen conformarse con que se produzcan los cerezos mas no en la cantidad de producción. Dicho con otras palabras, no buscan aumentar el rendimiento productivo. Entonces, para proponer las actividades a realizar para un adecuado abonamiento del café se toma como referencia la secuencia de acciones que plantea el ingeniero forestal José Tirabanti (2016).

- ✓ Análisis de suelo y del nivel productivo de la parcela: A través de una evaluación en laboratorio de una muestra del terreno en el que se desarrolla el cafetal se pueden conocer tanto las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Así, luego de interpretar los resultados se puede saber qué medidas tomar para suministrar los nutrientes faltantes al suelo e incrementar los rendimientos del café. Los productores no se basan en estudios o análisis sino en su experiencia y creen que, si una parcela logró ser productiva, todas las aledañas también lo serán. De manera complementaria al análisis de suelo, se recomienda recopilar información sobre cuál es el rendimiento por parcela y el nivel de extracción de nutrientes. La finalidad de la evaluación es que el suelo sea abastecido únicamente de los nutrientes que realmente necesite y, así, aminorar los costos destinados a la fertilización.
- ✓ Elaboración del plan de abonamiento: Se prepara en función de los requerimientos del terreno y a los elementos disponibles y aprovechables de la finca para la elaboración de abono orgánico. El compost, que posee elementos minerales como N, P y K, es un ejemplo de lo que se puede obtener luego de la descomposición controlada de una mezcla de residuos vegetales y animales. En caso de no haber realizado un análisis de suelo, la recomendación de abonamiento es de 60 g de compost y 20 g de guano de isla por planta cada cuatro meses en los primeros dos años de vida del café (planta nueva o renovada) y

de 30 l de abono foliar por hectárea. Para los cafetos en edad adulta, la recomendación de aplicación de abono es de 60 g de compost, 30 g de guano de isla y 10 g de sulfato de potasio por planta durante tres etapas (floración, llenado de granos y un mes antes de maduración de frutos) y de 50 l de abono foliar por hectárea.

- ✓ Control de malezas y poda de café: Esta práctica también ayuda a facilitar el abonamiento de los cafetos por lo cual antes se debe realizar los deshierbos o control de malezas. La poda de café tiene el fin de permitir el ingreso de luz para lograr la mayor captación de nutrientes. Los socios sí realizan podas, pero suelen hacerlo solo una vez al año y eliminan las malezas cuando está muy crecida. Pero, la recomendación es que sean más frecuentes para que ayude en un mejor abonamiento.
- ✓ Abonamiento de parcelas: La sugerencia para realizar un correcto abonamiento es que se aplique en épocas de lluvia pues garantiza que la humedad esté presente en el suelo. El modo en que se abona depende del tipo de suelo. En los suelos que tienen pendiente, el abonamiento debe ser en forma de semicírculo. Mientras que, en suelos planos, el abono debe ser bajo la copa de la planta. Es decir, en la totalidad de espacio, reflejado en el suelo, que ocupa la planta. En la figura 30 se muestra a un productor abonando sus cafetos. Los productores cafetaleros sí conocen cómo realizar el abonamiento, pero el problema radica en que lo hacen solo 1 vez al año.

El énfasis que se hace en el abonamiento es porque, según la información levantada en la muestra de estudio se pudo hallar una relación directa entre una mejor productividad y el mayor número de aplicación de abonos. El rendimiento promedio de producción de la muestra es de 9.12 t cerezo/ ha. En este promedio se consideran las diferentes cantidades de abonos, entre una a tres veces, que el productor ejecuta anualmente. Se tiene como ejemplo a un productor que ejecutó tres abonos al año y su producción fue de 13.58 t

cerezo/ ha. Su rendimiento fue superior a la producción promedio en un 48.9%. Un caso menos favorable fue de un productor que solo realizó un solo abonamiento a sus hectáreas de producción y sus resultados al final de la campaña fueron de 6.58 t cerezo / ha. Por lo tanto, es importante el realizar la labor de fertilización para mantener o conservar la productividad de los cultivos.



Figura 30. Abonamiento de un café

4.2. Propuesta de mejora en la etapa de beneficio húmedo y secado

Los productores tienden a laborar en medio del desorden y la desorganización. Cada uno maneja, a su propio criterio, los espacios de trabajo dentro de las fincas de café. Sin embargo, las consecuencias de sus acciones repercuten directamente sobre la calidad de taza. Todo ello contribuye a uno de los principales problemas que afronta la organización: Incremento de cafés de baja calidad de taza. Para revertir el panorama actual se propone la implementación de las 5S dentro del modelo productivo del café orgánico.

4.2.1 Aplicación de las 5S

1. Seiri: Clasificación y descarte

El objetivo es eliminar todo aquel objeto que no se emplee durante la ejecución del trabajo. Es preferible establecer una clasificación de lo que sí se puede utilizar en otras zonas de trabajo y lo que, definitivamente, debe descartarse. Para facilitar esta primera tarea, se propone en la figura 31 la tarjeta de clasificación para que se utilice como herramienta en la aplicación de la primera S. Esta tarjeta es una forma más organizada de realizar la clasificación según su frecuencia de uso y utilidad. A veces, mentalmente se conoce la frecuencia de uso de los elementos que intervienen en los diferentes procesos, pero al registrarla manualmente en la tarjeta ayudará al encargado del proceso a no olvidarlo. También, cualquier persona que colabore con los productores cafetaleros entenderán fácilmente la tarjeta y contribuirán en la clasificación de elementos.

| TARJETA DE CLASIFICACIÓN | |
|--|------------------------------------|
| Zona de trabajo: | |
| Fecha: / / | |
| Nombre del elemento a clasificar: | |
| _____ | |
| Categoría: | |
| | <input type="radio"/> Máquina |
| | <input type="radio"/> Herramientas |
| | <input type="radio"/> Insumos |
| | <input type="radio"/> Otros |
| Utilidad del elemento: | |
| | <input type="radio"/> Necesario |
| | <input type="radio"/> No necesario |
| Frecuencia de uso: | |
| | <input type="radio"/> Siempre |
| | <input type="radio"/> A veces |
| | <input type="radio"/> Nunca |
| Acción correctiva : | |
| <input type="radio"/> Eliminar | <input type="radio"/> Reparar |
| <input type="radio"/> Reciclar | <input type="radio"/> Vender |
| <input type="radio"/> Reubicar | <input type="radio"/> Otros |

Figura 31. Tarjeta de clasificación

A modo de ilustración de lo que sucede en las fincas cafetaleras, se identificaron algunas situaciones repetitivas en las visitas de estudio. Por ejemplo, existen muchos recipientes y sacos, utilizados en la cosecha de los cerezos, que son reutilizados por más de dos años. Algunos se encuentran deteriorados y otros no, por lo cual son los candidatos para seguir una clasificación. Una situación similar es el caso de los fertilizantes orgánicos. Los productores tienen apilados sus fertilizantes en diferentes lugares, hubo casos en que se encontraban en los secadores o en sus propios hogares. Por lo que comentaban en la entrevista en ciertas oportunidades compran más de lo que realmente necesitan. Debido a esta situación se recomienda que además de clasificarlos, se deben planificar al año cuál es la cantidad necesaria de fertilizantes y no comprar por demás porque si éste se guarda y, por falta de cuidado, se contamina con otros elementos, en un posterior uso, dañará al cafeto. Es decir, se echará a perder el fertilizante y no cumplirá su función.

Finalmente, una recomendación de acción correctiva es que no se debe desperdiciar los restos de los vegetales producidos en la finca ni el estiércol de los animales para poder generar, por medio del compostaje, abono orgánico. Actualmente, por diferentes motivos se está dejando de compostar y se opta por la descomposición de las cáscaras y pulpa sobre el suelo. Esta acción es altamente contaminante ya que emite metano. En la figura 32 se muestra cómo se acumula la cáscara y pulpa del cerezo luego del proceso de despulpado.

El empleo de la tarjeta de clasificación permitirá que se evidencien más casos que, tal vez ellos mismos lo consideraban habitual, pero diferenciando lo que realmente utilizan y qué tan seguido lo necesitan abandonarán antiguos hábitos.



Figura 32. Cáscara y pulpa de café

2. Seiton: Orden del lugar de trabajo

Primero, se debe identificar qué elementos no contribuyen al correcto procesamiento del café. Así también, determinar si se está utilizando los insumos y la maquinaria de forma adecuada a lo largo de las etapas de producción. En segundo lugar, para la nueva localización de los elementos a ordenar se debe tomar ciertos criterios: frecuencia de uso, la seguridad de la nueva localización y el nivel de cuidado requerido.

Según lo observado, es necesario tener un orden desde el momento de la cosecha para que no se mezclen, durante el despulpado, los cerezos cosechados de días diferentes. Lo mismo sucede con monitorear y llevar un control ordenado de las horas de fermentación del pergamino en baba para evitar el sobre fermentado y repercuta en el sabor y aroma del café en taza.

Por su parte, se debe tener en un lugar concreto, cerca de la zona de despulpado, las herramientas, materiales o piezas que se emplean para el mantenimiento de la despulpadora. Con ello, se evitará las pérdidas de materiales, tiempo y del producto porque al no estar adecuadamente calibradas y sin mantenimiento se dañan los granos. Esta circunstancia atañe, directamente, a la calidad del café. Por ello, una opción es rotular las herramientas y piezas para que se distingan con facilidad en su nuevo lugar de ubicación. Además, se recomienda que se elabore un estante o repisas elaborados de caña de guayaquil pues abunda en la zona y también es utilizado para la fabricación de los secadores solares. La figura 33 propone un prototipo de estante para las herramientas empleadas.



Figura 33. Estante de Guayaquil
Fuente: Recuperado de www.todocoleccion.net

Para el almacenamiento del café pergamino seco, se deben ordenar los sacos en un ambiente ventilado, evitar el contacto directo con la tierra o suelo y no dejar los sacos dispersos por cualquier lugar de la finca. Así, será fácil su ubicación, al momento de llevarlos al centro de acopio, y se podrán proteger de agentes externos que disminuyan las condiciones del café

pergamino. La figura 34 refleja una de las situaciones que se observó en la visita a un productor en donde almacenaban el café junto sobre la tierra y cerca de ropa húmeda tendida en el cordel.



Figura 34. Almacenamiento de café pergamino seco

3. Seiso: Limpieza del lugar de trabajo

Un ambiente ordenado y limpio es elemental para crear una atmósfera agradable de trabajo y mantener la inocuidad y la calidad del café. No se cuenta con un parámetro o estándar de lo que se considera un espacio limpio de trabajo, pero hay aspectos que son fáciles de percibir. La despulpadora y los recipientes que se utilizan para el rebalse no se lavan ni limpian al finalizar un día de trabajo. Suelen esperar que transcurran unos días para hacerlo. Por consiguiente, los productores y las personas que trabajan en las fincas deben estar capacitados de cómo manejar higiénicamente el café, adoptar el hábito de realizar una limpieza de los equipos o materiales antes y después de su uso. Lo recomendable es que se designe alrededor de treinta minutos al iniciar la jornada laboral y, de igual manera al finalizar, para realizar la limpieza necesaria a cada equipo, herramienta o material que se emplee.

Durante la fermentación, no solo se hace uso de los tanques tinas, sino que algunos productores optan por hacerlo dentro de sacos de polipropileno. Es una buena alternativa, sin embargo, el problema radica que los sacos utilizados son los mismos que sirven de empaque para el guano de isla u otros fertilizantes NPK. Se recomienda que se desista del uso de éstos porque así estén lavados contaminarán desde un inicio el pergamino en baba.

En el secado del café pergamino se presentan diferentes situaciones que no siguen un patrón de buenas prácticas. Por ejemplo, el pergamino se tiende sobre tierra y al alcance de donde circulan los animales. No se tiene el debido cuidado de proteger al grano de agentes contaminantes externos como la tierra, heces, insectos, entre otros. También, no existe un buen uso de los secadores solares de café pues se pudo registrar que dentro de ellos se tiende la ropa húmeda. Ambos casos, que se observan en la figura 35, impactan en las propiedades organolépticas y en la humedad del café. Entonces, lo conveniente es que el café pergamino siga el proceso de secado sobre una superficie de cemento que esté apartada de los animales u otro ente contaminante externo. En cuanto a los secadores solares, solo deben cumplir con la función de albergar las bandejas de café, mas no otros ítems.



Figura 35. Forma actual de trabajo

4. Seiketsu: Estandarización de la empresa

Después de la implementación de las S preliminares, se espera que todos los productores respeten y mantengan la adopción de los hábitos establecidos. De esta manera, por medio de los cambios se evolucionará y no se retornará a la etapa inicial. Una situación contraproducente sería que por no poner en práctica los cambios se reporten pérdidas económicas. Una alternativa es que en cada zona de trabajo se coloquen unos avisos que, a modo de recordatorio, señalen los errores recurrentes y las especificaciones de cada proceso. Incluso, estos avisos podrían capacitar a las personas que por primera vez están laborando en las fincas. Otra propuesta sería que se utilice una ficha de nivel de cumplimiento, que se propone en la figura 36, a modo de control de implementación de las primeras 3S y que los mismos productores, de forma objetiva, evalúen cuál es el porcentaje de su cumplimiento. Es más, los técnicos de la cooperativa que hacen visitas periódicas a los productores también pueden utilizar la ficha para realizar una

evaluación. Finalmente, esta herramienta de evaluación tiene por finalidad preservar un lugar agradable, limpio y sano de trabajo.

| SEIRI | NIVEL DE CUMPLIMIENTO | | |
|--|-----------------------|------------|-------------|
| | [0%- 50%> | [50%- 75%> | [75%- 100%] |
| No se observan equipos o máquinas innecesarios. | | | |
| No existen materiales en desuso en la zona de trabajo. | | | |
| Los insumos adquiridos están separados por fecha de adquisición. | | | |
| No existen restos de agentes externos en la zona de beneficiado. | | | |
| El área se encuentra libre de obstáculos. | | | |
| SEITON | [0%- 50%> | [50%- 75%> | [75%- 100%] |
| Diferenciación de cerezos según el días de cosecha. | | | |
| Los elementos de trabajo están ordenados cerca al área de trabajo. | | | |
| Existencia de rótulos para identificar piezas, insumos, materiales, etc. | | | |
| El tiempo de encontrar los objetos se ha reducido. | | | |
| Correcto almacenamiento del café pergamino seco. | | | |
| SEISO | [0%- 50%> | [50%- 75%> | [75%- 100%] |
| El equipo se encuentra limpio en buenas condiciones. | | | |
| No se presentan desperdicios en la zona de beneficio húmedo. | | | |
| Limpieza dentro de los secadores solares. | | | |
| Cumplimiento diario de los turnos de limpieza. | | | |

Figura 36. Ficha de evaluación del nivel de cumplimiento

5. Shitsuke: Compromiso y disciplina de trabajo

Por último, en esta S se trabaja la manera en que los productores y, en sí, toda la organización asuma y adopten los cambios establecidos para trabajar el café. Es de esperar que se evidencie una resistencia u oposición al cambio ya que la forma actual de trabajo ha sido replicada durante muchos años, siguiendo las costumbres de sus antecesores. Por ello, debe realizarse un seguimiento y auditorías de evaluación como se puede observar en la figura 37 que presenta un cronograma de implementación propuesto.

Para que se cumplan, disciplinadamente, la medida de cambios es fundamental que todo empiece por el compromiso de los productores y de las personas que laboran en la finca. Asimismo, promover la participación de éstos para que manifiesten propuestas de mejora en miras a la competitividad y eficiencia.

| <u>Actividades</u> | Semana 1 | Semana 2 | Semana 3 | Semana 4 | Semana 5 | Semana 6 |
|---|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Clasificar: Uso tarjeta de clasificación y disposición. | x | | | | | |
| Ordenar: Asignación de rótulos y lugares. | | x | x | | | |
| Limpieza de los ambientes y equipos. | | | x | x | | |
| Estandarización: Ficha de evaluación del nivel de cumplimiento. | | | | | x | |
| Disciplina: Supervisión externa. | | | | | | x |

Figura 37. Cronograma de implementación de las 5S

4.2.2 Aplicación de estrategias de PML

En base a las estrategias de producción más limpia, se deben establecer medidas de aplicación sencilla y que sean acatadas voluntariamente por los trabajadores para, así, reducir el impacto ambiental del proceso productivo, incrementar la productividad, reducir costos de operación y crear un entorno seguro para las labores diarias. Es decir, después de concientizar y capacitar a las personas acerca del uso eficiente de insumos, energía, recursos naturales, serán sus actitudes modificadas las que evidencien la optimización deseada.

1. Estrategia de mantenimiento

- **Revisión técnica de equipos e instalaciones:** El objetivo es la conservación en buen estado, funcionamiento adecuado y el prolongar su vida útil. El mantenimiento a la despulpadora se debe realizar al inicio, durante y al final de la campaña. Es importante

realizarlo para comprobar el desgaste de sus piezas y cambiarlos en el caso que sean necesario. Otra acción importante es la calibración del equipo y la validación que el volumen procesado sea el correcto según lo que señala la ficha técnica del fabricante. Así también, realizar el ajuste a los tornillos o tuercas, lubricar por lo menos 1 vez por campaña (año) y lavar el cilindro de la despulpadora cada vez que se usa. Actualmente, gran parte de productores por falta de tiempo no realizan revisiones técnicas a sus despulpadoras.

Según un manual desarrollado por las Cooperativas Agrarias Cafetaleras de Pangoa y Satipo señala que, si existe un diente malogrado en el cilindro o tambor de la despulpadora, en cada vuelta de éste se pierde una semilla. Es decir, si el cilindro despulpador gira 150 vueltas por minutos, se pierden 150 semillas. Su equivalencia de pérdida es de 9 000 semillas (3 kg) en una hora (Lázaro et al., s.f.).

Por tanto, se debe conocer cuáles son los equipos o maquinarias que intervienen en el procesamiento del café, el estado actual de ellos y, también, el de las instalaciones. Por medio de la realización de un inventario se tendría las especificaciones técnicas de cada equipo y se puede detectar y corregir las fallas que se presenten en las inspecciones. En el caso de las instalaciones como el área de secado (secadores), mediante el inventario se puede conocer si es necesario comprar alguna nueva bandeja, malla o algún material que se necesite para ser reparado. Para los tanques tina se puede corroborar si se ha deteriorado su infraestructura con los inventarios. De manera similar, para los equipos es necesario programar con tiempo la compra de las piezas de cambio o repuesto para evitar que se detenga la producción por no haberlo previsto ya que un factor limitante es la distancia hacia los proveedores y los tiempos de entrega.

2. Estrategia de cambio tecnológico

- **Recuperación de residuos sólidos y líquidos:** Según el diagnóstico realizado en la producción de café, durante el beneficio húmedo y secado se emite el 92.69% del total de toneladas de CO₂ eq. Esta etapa se caracteriza por un alto consumo de agua (rebalse y el lavado de café) y por los restos del cerezo (pulpa y cáscara) que son muy contaminantes si no siguen un manejo apropiado. En la tabla 16 se explica cuáles son los tipos de residuos que se generan durante la obtención del café verde, las emisiones producidas y el impacto ambiental de cada uno de ellos.

Tabla 16. Tipos de residuos generados por la producción de café

| | Residuos Sólidos | Efluentes | Emisiones Atmosféricas |
|-------------------|---|--|--|
| Fuente | Los principales residuos durante el beneficiado húmedo son la pulpa y la cáscara del cerezo que, según la información levantada, representa el 43% del peso del cerezo. | Luego del lavado del pergamino, el agua se mezcla con el mucílago del café en baba. Éste se caracteriza por presentar un pH ácido, sólidos suspendidos y la demanda química de oxígeno. | Se produce por la degradación de la pulpa y cáscara cuando no son manejadas de forma adecuada. |
| Impacto Ambiental | La contaminación del suelo y aguas subterráneas. Al no realizarse un manejo adecuado de toda la pulpa se opta por acumularlas en el suelo. Esta acción produce, además de los malos olores, lixiviación de suelos, la aparición de insectos y puede ser un foco de enfermedades infecciosas. | Contaminación del suelo. Al no tener un tratamiento previo a las aguas residuales e infiltrarse en los suelos se daña el manto freático por la alta carga orgánica que presentan. | Calentamiento global. Se emite metano, agente contaminante 25 veces más potente que el dióxido de carbono. Por ende, es un gas que influye aún más calentamiento global |

Los residuos sólidos generados se deben clasificar si son reutilizables o no reutilizables y, a su vez, si son o no peligrosos. Se sugiere utilizar en su totalidad la pulpa y cáscara del cerezo para obtener compost con un debido control y manejo. Es decir, en un lugar ventilado, junto con otros residuos verdes cortados en trozos pequeños para que sea más fácil y uniforme la descomposición. También se les puede comercializar como insumo para otros procesos agroindustriales como la elaboración de compost o la producción de etanol. Un especial uso de la cáscara es recolectarla, separarla y almacenarla temporalmente para que luego de un proceso de secado sean utilizadas como infusiones de bebidas.

Dentro de los residuos líquidos se tienen a las aguas mieles que son efluentes que contienen pulpa, mucílago, restos de granos vanos, ramas, entre otros. Éstas deben seguir un tratamiento para su posterior reutilización y, principalmente, para reducir la carga orgánica que presentan y reducir los impactos ambientales. El agua es el principal recurso que se utiliza de manera desmesurada por lo que se debe optar por reusarla para reducir su consumo. El uso del agua correspondiente a la etapa de clasificación (rebalse) es la que puede ser reutilizada para otro proceso similar y se debe procurar no desperdiciarla al derramarla sobre la superficie. Realizando el manejo idóneo para cada clase de residuos cada finca podrá mejorar en dos aspectos: económicos y ambientales.

- **Tratamiento de aguas residuales:** Existe una variedad de tratamientos de aguas residuales y la elección depende de cuánto es la carga química presente en ellos y de los volúmenes generados. Se debe realizar una caracterización de las aguas mieles que se generan luego del lavado del café para que se conozca exactamente el tratamiento inicial

que se les dará. Básicamente, se cumplen dos objetivos: Separación de restos o partículas sólidas del agua y neutralizar el pH del agua.

Para la separación de partículas sólidas en el agua, se utilizarán estructuras que cumplan la función de retener la cáscara, la pulpa u otro resto. La opción más sencilla es el uso de rejillas o mallas metálicas con pequeños agujeros a modo de filtros. De esta manera, el filtro solo será traspasado por el agua y las partículas sólidas quedarán atrapadas. Su ubicación debe de ser en la salida del canal de lavado.

Después, para evitar que se dañe la vegetación y se pierdan los microorganismos de la tierra, se debe eliminar la acidez de las aguas residuales y llevarlas a un valor neutro (pH de 7). Adicionalmente, con un pH neutral se reducen los malos olores que son característicos de las aguas mieles. Por lo anterior, se recomienda el uso de cal dolomita, que es una mezcla de carbonato de calcio y carbonato de magnesio, para ajustar el pH del agua. La cantidad recomendada es de 454 g por cada 2 m³ (UTZ Certified, s.f.).

Seguidamente, el tratamiento secundario que se le dará a las aguas residuales, que ya se encuentran con un pH neutro, es el humedal por biofiltración. El tratamiento consiste en un sistema de escurrimiento controlado que brinda la humedad requerida a plantas sembradas sobre una superficie y, a su vez, las plantas cumplen la función de absorción del agua y posterior eliminación de los restos contaminantes por la transpiración vegetal. La planta recomendada para este tipo de humedal es el pasto estrella y serán las que absorban toda el agua previamente tratada. El pasto estrella fue seleccionado debido a que se adapta a cualquier tipo de suelo, tiene un buen drenaje y se puede sembrar en cualquier

época del año. En la figura 38 se observa las tres principales acciones que se han descrito para realizar el tratamiento de aguas residuales.

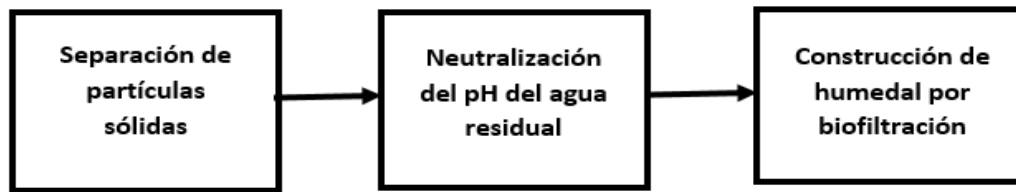


Figura 38. Diagrama de bloques del tratamiento de aguas residuales

- **Compostaje:** Durante el proceso de despulpado se obtiene la cáscara y pulpa como residuos. Por ello, para aprovechar sus propiedades y beneficios nutricionales al suelo se debe realizar el compostaje de éstos juntos con otros elementos. Los agricultores reciben de la cooperativa cepas para que las reproduzcan. Existen dos tipos de microorganismos: artificial (levaduras) y naturales (presentes en el mantillo de la montaña). Éstos son alimentados con harinas de trigo y menestras, leche fresca y miel de café hasta que se fermenten. Dicha mezcla ayuda a la desintegración o reducción en polvo de los residuos verdes y del propio guano. Luego de ello, se tiene que cernir haciendo uso de una zaranda para que los elementos más grandes, que no lograron descomponerse, sean apartados y utilizados nuevamente en otro proceso de compostaje.

Para la elaboración del abono orgánico (compost) es importante considerar el nivel de dureza que tienen los insumos a utilizar ya que la diferencia radica en la textura de las cáscaras, ramas u hojas. Para poder combinarlos se les debe cortar en pequeños pedazos. Por ejemplo, las hojas del pajuro, especie de árbol de la zona, son más suaves en comparación a las hojas de la guaba. Por lo tanto, las segundas deben cortarse en pedazos más finos.

Se puede utilizar las aguas mieles para combinarlas con la pulpa de cerezo y los demás desechos de animales para la elaboración del abono. Al abonar las plantaciones de café estamos alimentando a la planta de nutrientes, pero la mayoría de éstos se eliminan durante el proceso de obtención de pergamino seco. Es decir, los nutrientes que están en el cerezo se pierden al retirar la pulpa y cáscara del grano. Ello, se puede interpretar como si se desperdiciara dinero y el esfuerzo de la mano de obra de los agricultores durante los abonamientos.

La situación actual es que gran parte de los productores no tienen bien elaboradas sus composteras. Suelen ser pequeñas y no representan la cantidad de pulpa y cáscara que obtienen luego del despulpado. No hay mucha rigurosidad en las exigencias de inspección pues solo basta con que se observe la construcción de una pequeña compostera para considerar que sí está cumpliendo con la exigencia de tener una. Además, se debe considerar que, si la finca del productor se encuentra a mayor altura es menor el grado de descomposición de los residuos orgánicos. La menor actividad biológica se traduce en los niveles altos de pH. Para realizar con éxito el compostado de residuos orgánicos es necesario estar pendiente de realizar los volteos correspondientes para que no se concentre en un solo sector la temperatura y la descomposición sea homogénea. En la figura 39 se observa a un productor realizando su propio compost.



Figura 39. Proceso de compostaje

- **Estandarización de procesos:**

- ✓ **Cosecha selectiva:** Solo deben ser cortados los cerezos maduros porque en ese estado se encuentran los azúcares concentrados. El resultado de combinar diferentes estados de maduración de los cerezos se refleja en las características ásperas y astringentes presentes en taza. Cuando se cosecha el grano que no alcanza su madurez fisiológica se deteriora el cojín floral del cafeto. No se debe empezar a cosechar cuando el grano esté en sobre maduro sino cuando esté en maduro para que cuando se termine de cosechar (parte final de la finca) los granos se encuentren en ese estado (sobremaduro). Es preferible que se organice y cumpla la programación del jornal del personal para que la cosecha se realice en el tiempo adecuado y no se pierda la producción de café o se obtenga quintales de menor calidad.

- ✓ **Flote del café:** Antes de iniciar el despulpado se debe realizar el flote o rebalse. Ésta consiste en depositar los cerezos cosechados en recipientes con agua. Entonces, solo se suspenderán hacia la superficie del recipiente aquellos granos que se encuentran dañados por alguna plaga o no han logrado desarrollarse a su plenitud. De esta manera, todos los cerezos que ingresen a la despulpadora serán los que presenten las características de un cerezo maduro y no alterará los sabores ni la calidad en taza.

- ✓ **Despulpado:** Para evitar una fermentación excesiva y que el cerezo adquiriera un sabor ácido antes del despulpado se debe realizar este proceso el mismo día de la cosecha. El preservar el cuidado del grano de café también depende del equipo despulpador. Es decir, de la calibración y el mantenimiento que tenga.

- ✓ **Fermentado:** El café se fermenta cuando hay exceso de temperatura. Los técnicos de la organización manifiestan que muchas veces se espera que se pierda toda la baba del pergamino para que empiece el lavado. Sin embargo, puede que no haya ocurrido la pérdida en su totalidad, pero sí se alcanzó la temperatura óptima (30 °C). Entonces, lo ideal es lavar de inmediato el pergamino antes que se sobrecaliente y afecte directamente su puntuación en taza. Es mejor no arriesgar todo el lote a una taza considerada como contaminada (79 puntos).

Las horas de fermentación varían según la altitud de la zona en donde se encuentre la finca del productor. Puede el café estar fermentándose por todo un día. El manual de proceso de la calidad del café Selva Central Perú, elaborado por las Cooperativas Agrarias Cafetaleras Pangoa y Satipo, indica cuántas deben de ser las horas de fermentación según la altitud en que se encuentre la finca. Si es menor a 1 200 msnm, el café debe fermentar

por 12 horas. Si el rango es de 1 200 a 1 3000 msnm, aumenta las horas de fermentación a 18. En el caso que la altitud sea mayor a los 1 300 msnm, se debe fermentar por 24 horas (s.f.). Así como es importante considerar el número de horas de fermentación, también se debe medir el pH del café. Según Vega y Claeys, el pH del café fermentado debe estar dentro del siguiente rango: 3.7 a 4.1 (2016). Por lo tanto, se recomienda el uso de un pH -metro para controlar la disminución del pH durante esta etapa.

Existen dos métodos de fermentación que se realizan en la zona. La fermentación en tanques tina y la fermentación en sacos de polipropileno. El primer método fermenta mayor cantidad de pergamino en baba (alrededor de 1 000 kg) y ocupa poco espacio (aproximadamente 1 m³), mientras que al utilizar los sacos se emplea un mayor espacio ya que se necesita una mayor cantidad de éstos pues su capacidad individual es menor a 50 kg de pergamino en baba. El tanque tina suele estar recubierto de cerámicas y la temperatura inicial del material es fría. Por ello, para que todo el sistema se encuentre a una misma temperatura se debe incrementar las horas de fermentación. Luego del proceso de fermentado y lavado es importante que haya una buena limpieza pues se evita que se impregnen los olores en el material y perjudique al siguiente lote que se fermentará. Si se hace uso de los sacos, la miel se puede escurrir debido a la porosidad de éstos. Dicha acción produce que microorganismos del ambiente ingresen en mayor cantidad y contribuya a acelerar la fermentación. Por lo tanto, se recomienda que se opte por usar tanques tinas para el proceso de fermentado.

- ✓ **Lavado:** En esta etapa se aconseja que el agua que se utilizará esté limpia porque el café posee la sensibilidad de absorción de olores. Por ello, debe emplearse solo agua para remover los restos de mucílago que se encuentren en el grano fermentado sin ningún tipo

de producto químico. En el caso que el agua haya sido almacenada en bidones o pozos de concreto, éstos deben de estar limpios y tapados o cubiertos para evitar el ingreso de insectos o de partículas externas. Hoy en día, se está promoviendo que se lave solo una vez. Son los técnicos de la organización en estudio quienes señalan que la puntuación de taza es mayor. Cada uno de ellos se hace cargo de diferentes bases o caseríos y llevan su registro de las actividades que realizan los socios pertenecientes a estas zonas. Al finalizar la campaña, cada uno realiza una evaluación del desempeño de sus socios e identifican los motivos. En esas evaluaciones periódicas ellos comentan que socios que solo han lavado una vez su café han obtenido mayor puntuación en taza a diferencia de los que lavaban más veces. Eso fue lo señalado respecto al año 2018 y 2019.

- ✓ **Secado:** La humedad óptima debe de ser entre el 10 y 12%. Los granos de café que no han sido secados correctamente presentarán en taza ciertos sabores como moho y hongo, catalogados como sabores defectuosos. Como se mencionó, el café tiene la característica de absorber todos los olores que están a su alrededor por ende se deben tomar precauciones de limpieza en el área destinada para el secado.

Existen diferentes métodos para secar el café. Se puede secar sobre el pampillo o piso. Para ello, se esparce el café, con un espesor de 5 cm, y por unos días deben ser removidos para que todos los granos se sequen uniformemente. Si el espesor es mínimo producirá que se partan los granos. Sin embargo, no se recomienda porque están expuestas a impurezas como los desechos de animales de la finca o la tierra. Además, que ante una eventual lluvia se mojaría el café y alteraría el proceso.

Otro tipo de secado son los secadores solares. Éstos tienen muchas ventajas lo cual lo convierte en el método idóneo para secar café y conservar su calidad. Por ejemplo, como es área recubierta con paredes y techo, protege al café de la contaminación proveniente de factores externos, de la lluvia y de la humedad. A la vez, por su infraestructura aglomera el calor y se puede realizar un control de la temperatura con tan solo abrir o cerrar las ventanas. Existen secadores solares de plástico blanco y no son muy recomendados porque dejan pasar la radiación solar. Si tanto fuera como dentro del secador el grano de café se daña por la misma radiación, sería una inversión en vano. Entonces, se debe utilizar mallas negras, conocidas como mallas polisombra, en la parte superior del secador para amortiguar la radiación del sol. El principio del secado es deshidratar el grano, pero con calor y no con radiación. Por consiguiente, se debe aprovechar los secadores solares para generar calor. La figura 40 muestra cómo luce un secador solar que ya ha sido implementado.



Figura 40. Secador solar

- ✓ **Almacenado:** El almacenamiento del café pergamino seco debe contribuir a preservar la calidad del café. Muchas veces, se le resta importancia a esta etapa porque se cree que no

se está transformando el producto. Pero sí lo afecta, pues al ser el café un producto que absorbe los olores debe estar en un ambiente ventilado, limpio y fuera del alcance de otros productos como abonos o agroquímicos.

La mayoría de los espacios utilizados para este fin son cuartos cerrados, sin la ventilación apropiada y con la puerta que está al lado contrario de donde sopla el viento. En otros casos, estos espacios no están destinados solo al almacenamiento del café, sino que se utiliza para secar la ropa o almacenar la madera y se siente un olor ha guardado al interior del ambiente.

Entonces, las características que debe cumplir el almacén es tener techos altos que permitan la circulación de aire y una buena iluminación para que las señalizaciones y los rótulos sean fáciles de observar. Por ejemplo, los sacos de café pergamino seco deben indicar la variedad de café y la fecha en la que ingresó al almacén para promover la rotación de inventarios. Estos registros mantendrán en orden esta etapa transitoria del café. Igualmente, se recomienda como propuesta que, para evitar el contacto directo con el suelo, el café ensacado se coloque en rumas sobre parihuelas de madera y así estén alejadas de las paredes para que no afecte la humedad ya alcanzada.

- **Uso eficiente de materia prima e insumos:** El realizar un uso eficiente de la materia prima y de los insumos contribuye a disminuir la cantidad de los residuos generados en el proceso y tener un impacto ambiental positivo. Es de gran contribución que se haya elaborado el inventario de entradas y salidas, siguiendo las fases del ACV, en todas las etapas estudiadas. Entonces, el inventario será la línea base de los consumos de materia prima, insumos y energía. Del inventario también se puede calcular el consumo mensual

de éstos, su respectivo rendimiento, mermas y desperdicios. Así, será claro distinguir si hay un exceso del consumo de los recursos en las diferentes etapas del ciclo de vida, ya sea por alguna falla en el equipo o por malas prácticas.

Otro factor importante es cuidar el café en la etapa de cosecha y en el almacenamiento de pergamino seco. En este sentido, los cerezos deben ser cosechados de una forma y en un período de tiempo adecuado. Puede que se cumpla con ello, pero si antes del rebalse o despulpado se dejó el cerezo en un ambiente contaminado por heces de animales o bajo condiciones que favorezcan a su putrefacción se está dañando la calidad. Como se explicó en párrafos anteriores, el lugar en donde se almacenará el pergamino seco si no es el idóneo será otro factor que disminuya la calidad del café. Aparentemente en esta etapa no hay nada adicional que hacer, pero no por el hecho de que no se transforme físicamente el producto quiere decir que no puedan variar sus características internas y se repercuta en su calidad final.

- **Uso eficiente de agua:** Si se realiza el uso correcto de este recurso y se logra reducir su consumo se tiene como consecuencia directa que la cantidad de aguas mieles que se generan en luego del lavado del café sea menor. También se debe mencionar que mediante la cosecha de aguas se puede utilizar las aguas de lluvia y almacenarlas en canales que son hechos con tuberías y ubicados en los techos de las casas, para su posterior uso doméstico o riego.

Un error recurrente es no saber cuál es la cantidad de agua que realmente se requiere para los procesos y se suele utilizar la cantidad que cada productor cree conveniente. Por ello, es importante fomentar en las personas el correcto uso y cuidado del agua, establecer

un registro y monitorear los consumos mensuales y tomar las acciones correctivas en las situaciones críticas.

- **Uso eficiente de energía:** Las personas que laboran en la finca deben saber que para prevenir problemas en el funcionamiento y en la eficiencia operativa de los equipos y las instalaciones eléctricas se debe ejecutar un cronograma de revisión de éstos y corroborar si su uso actual es acorde a las especificaciones del fabricante. Además, es importante conocer cuál es el consumo mensual de energía eléctrica como el consumo de gasolina para controlar los costos y no excederse en ellos.

Para mejorar en el aspecto energético se debe conocer cuál es el escenario actual (levantar información de equipo eléctrico) y ver en qué se está fallando. Las causas más comunes de la ineficiencia energética es que no se desconecta la despulpadora cuando no está en uso y no se realiza un mantenimiento preventivo en los sistemas eléctricos.

Capítulo 5. Evaluación económica

5.1. Evaluación económica de la propuesta de mejora en la etapa de cultivo

Para realizar la evaluación económica se considera solo una unidad productora y la estrategia de cambio tecnológico de PML. Los cálculos se realizan en base a todos los costos y beneficios anuales totales para la producción de café. Es decir, se considerará las 3.5 ha de producción, los 12 877 cafetos y la cantidad total de los insumos que intervengan en esta etapa.

A. Costos anuales

- Costo asociado al manejo integrado de plagas:** La tabla 17 detalla el costo anual que se requiere por una hectárea para que un productor proteja a los cafetos de las plagas y en la parte final se muestra que se necesitará de S/. 498.75 para todas las ha de producción. Solo para precisar, se necesita el cambio de la mezcla atrayente alrededor de 4 veces, ya que ésta tiene un período de actividad efectiva de 3 semanas. Se considera que se necesitan 35 frascos viales por hectárea y que cada frasco contiene 10 ml de mezcla atrayente. Entonces, para todas las veces de cambio de mezcla se necesita en total de 1.5 L considerando el 6.67% de merma.

Tabla 17. Costo anual asociado al manejo integrado de plagas

| Descripción | Cantidad | Unidad | Precio unitario (S/.) | Costo Total (S/.) |
|---------------------------|----------|--------|-----------------------|-------------------|
| Fracos viales | 35 | und | 0.50 | 17.50 |
| Mezcla atrayente de broca | 1.5 | L | 80.00 | 120.00 |
| Botellas de plástico | 35 | und | 0.10 | 3.50 |
| Rafia | 1 | und | 1.50 | 1.50 |
| Costo (S/./ha) | | | | 142.50 |
| Costo anual (S/.) | | | | 498.75 |

- **Costo de un plan de nutrición y fertilización:** La tabla 18 muestra los costos de un análisis de suelo y de las 2 fertilizaciones adicionales anuales propuestas para todas las hectáreas de cultivo. Para el cálculo de la cantidad de fertilizantes a utilizar se emplearon las cantidades por café explicadas en el apartado 4.1.1 (elaboración del plan de abonamiento), se multiplicó por el total de cafetos y por las 2 veces de fertilización. Otro punto para explicar es que cada saco de fertilizante equivale a 50 kg de producto y se conoce que se necesita 5 jornales para fertilizar una hectárea. Como el terreno de cultivo es de 3.5 ha, se necesita de 18 jornales cada vez que se fertiliza.

Tabla 18. Costo anual asociado a la fertilización

| Descripción | Cantidad | Unidad | Precio unitario (S/.) | Costo Total (S/.) |
|--------------------------------|-----------------|---------------|------------------------------|--------------------------|
| Análisis de suelo ¹ | 1 | und | 150.00 | 150.00 |
| Guano de Isla | 16 | sacos | 63.00 | 1 008.00 |
| Compost | 31 | sacos | 20.00 | 620.00 |
| Sulfato de Potasio | 3 | sacos | 150.00 | 450.00 |
| Abono foliar | 175 | L | 3.00 | 525.00 |
| Segundo abonamiento | 18 | jornal | 30.00 | 540.00 |
| Tercer abonamiento | 18 | jornal | 30.00 | 540.00 |
| Costo anual (S/.) | | | | 3 833.00 |

Luego de desarrollar las tablas 17 y 18, los costos totales anuales para la propuesta de mejora en la etapa de cultivo se muestran en la tabla 19.

Tabla 19. Costo total anual de la propuesta de mejora en la etapa de cultivo

| Propuestas de mejora | Costo (S/.) |
|-----------------------------------|--------------------|
| Manejo integrado de plagas | 498.75 |
| Plan de nutrición y fertilización | 3 833.00 |
| COSTO TOTAL ANUAL (S/.) | 4 331.80 |

B. Beneficios anuales

La implementación de las dos mejoras señaladas: manejo integrado de plagas mediante uso de trampas para brocas y que la frecuencia de fertilización al año sea 2 veces más genera beneficios para el productor. Según la información recopilada, se calculó que una persona que ejecuta un buen plan de fertilización y de manejo de plagas tiene la ventaja de obtener una productividad mayor a la del promedio de agricultores. En términos porcentuales, la producción incrementará en un 48.6% (se explica en el apartado 4.1.1) y ello equivale a 673.26 kg adicionales de café pergamino seco. Si un productor recibe S/. 360.00 por quintal de c.p.s (55.2 kg) quiere decir que el precio es de S/. 6.52 por cada kg de c.p.s. Por lo tanto, si se multiplica 673.26 kg de c.p.s adicionales y el precio respectivo de S/. 6.52 se obtiene que el beneficio total es de S/. 4 389.70 al año.

5.2. Evaluación económica de la propuesta de mejora en la etapa de beneficio húmedo y secado

La propuesta está vinculada con la implementación de la metodología de las 5S y las estrategias de PML en la unidad productora estudiada. Los cálculos se realizan considerando la inversión inicial, los costos y beneficios anuales necesarios para la implementación absoluta de las medidas.

A. Inversión

- **Inversión de la implementación de 5S:** Para iniciar con esta implementación se requiere la realización de 5 sesiones de capacitación en las cuales participará el equipo técnico de la organización para que posteriormente impartan lo aprendido a los socios. Se estima que cada sesión tenga una duración de 4 horas y estará a cargo de un

capacitador. Otra propuesta de mejora asociado a la metodología es la construcción de la repisa. Sin embargo, no se está considerando las herramientas porque el productor ya las tiene ni el material que es el Guayaquil porque abunda en la zona. La construcción de la repisa no necesita ser renovada anualmente pues se estima un tiempo de vida de 10 años. En la tabla 20 se halla el servicio que se debe adquirir para la implementación de 5S y algunos elementos que serán destinados a la repisa.

Tabla 20. Inversión asociada a la implementación de las 5S

| Descripción | Cantidad | Unidad | Precio unitario (S/.) | Costo Total (S/.) |
|--------------------|----------|----------|-----------------------|-------------------|
| Capacitación | 5 | sesiones | 1 260 | 6 300.00 |
| Clavos | 20 | und | 0.80 | 16.00 |
| Cola | 0.5 | galón | 21.00 | 10.50 |
| TOTAL (S/.) | | | | 6 326.50 |

- Inversión para el tratamiento de aguas residuales:** Se propuso dos etapas para este tratamiento. A la primera, le corresponde costos anuales y se explica en el siguiente apartado correspondiente a los costos para el tratamiento de aguas residuales. Por otro lado, la segunda etapa, según señala el Manual para la construcción de sistemas de tratamiento de aguas residuales en beneficios pequeños de café, se requiere una inversión de 900 dólares para poder implementar un humedal por biofiltración (UTZ, s.f.). Así que si se realiza la conversión a la moneda nacional se obtendrá que se requiere de S/. 3 390.80 para costear la inversión de implementar esta segunda etapa del tratamiento.
- Inversión para el compostaje:** Para realizar la elaboración del compostaje se tiene una etapa previa que consiste en la activación de microorganismos. Para ello, se necesita comprar un tanque de polietileno de alta densidad de 200 L cuyo costo es de S/. 280.00 y se estima que el tiempo de vida del tanque es de 7 años.

- **Inversión para el módulo de secador solar:** La tabla 21 muestra los costos necesarios para la construcción de un módulo de secador solar cuya capacidad es de 8 quintales de c.p.s. En otras palabras, la capacidad es de 442 kilogramos de café pergamino seco. La inversión requerida es de S/. 3 515.00 y se estima que su tiempo de vida sea de 8 años.

Tabla 21. Inversión asociada al módulo de secador solar

| Descripción | Cantidad | Unidad | Precio unitario (S/.) | Costo Total (S/.) |
|--------------------|----------|--------|-----------------------|-------------------|
| Tubo galvanizado | 39 | und | 39.00 | 1 521.00 |
| Malla rachel | 4 | m | 7.00 | 28.00 |
| Mica solar | 12 | m | 23.00 | 276.00 |
| Bandejas | 24 | und | 60.00 | 1 440.00 |
| Mano de obra | 5 | jornal | 50.00 | 250.00 |
| TOTAL (S/.) | | | | 3 515.00 |

Después de calcular la inversión de cada medida adoptada, la tabla 22 resume lo anteriormente trabajado y muestra cuánto es la inversión total para mejorar la etapa de beneficio húmedo y secado.

Tabla 22. Inversión de las propuestas de mejora en la etapa de beneficio húmedo y secado

| Propuestas de mejora | Descripción | Inversión (S/.) |
|---------------------------------|------------------------------|------------------|
| Implementación de las 5S | Capacitación, clavos y cola. | 6 326.50 |
| Tratamiento de aguas residuales | Humedal | 3 390.80 |
| Compostaje | Tanque | 280.00 |
| Módulo de secador solar | Instalación del módulo | 3 515.00 |
| INVERSIÓN TOTAL (S/.) | | 13 512.30 |

B. Costos anuales

- **Costo de la implementación de las 5S:** Se tienen también los costos de los principales elementos, a modo de referencia, que la unidad productora debe implementar para cumplir satisfactoriamente con la metodología de las 5S. Claro está que elementos para la limpieza como escoba, recogedor no se están considerando porque el productor ya cuenta con ellos. En la tabla 23 se hallan todos elementos que intervienen en el costo anual de implementación.

Tabla 23. Costo anual asociado a la implementación de las 5S

| Descripción | Cantidad | Unidad | Precio unitario (S/.) | Costo Total (S/.) |
|---------------------------|----------|--------|-----------------------|-------------------|
| Cartulina | 4 | und | 0.50 | 2.00 |
| Cuaderno | 1 | und | 3.20 | 3.20 |
| Lapicero | 2 | und | 1.00 | 2.00 |
| Plumón grueso | 2 | und | 2.50 | 5.00 |
| Cinta <i>masking tape</i> | 1 | und | 3.00 | 3.00 |
| TOTAL (S/.) | | | | 15.20 |

- **Costo de revisión técnica de equipos:** La tabla 24 detalla los elementos que deben cambiarse anualmente en una despulpadora y lo que se necesita para la lubricación como parte de la revisión técnica anual. Para que el proceso de despulpado no afecte los granos se debe revisar la condición de las piezas de la despulpadora y optar por su cambio o renovación para salvaguardar la calidad en el grano. También se incluye el costo por la mano de obra de la persona encargada en realizar una completa revisión técnica.

Tabla 24. Costo anual asociado a la revisión técnica de equipos

| Descripción | Cantidad | Unidad | Precio unitario (S/.) | Costo Total (S/.) |
|--------------------|----------|--------|-----------------------|-------------------|
| Cilindro o tambor | 1 | und | 90.00 | 90.00 |
| Pechero | 1 | und | 150.00 | 150.00 |
| Grasa lubricante | ¼ | kg | 20.00 | 5.00 |
| Mano de obra | 1 | und | 50.00 | 50.00 |
| TOTAL (S/.) | | | | 295.00 |

- Costo de tratamiento de aguas residuales:** En la tabla 25 se observa cuál es el costo anual asociado a la primera etapa de este tratamiento. En primer lugar, se tiene que adquirir una rejilla para que cumpla la función de separar las partículas sólidas en el agua. Posteriormente, como se describió en la sección 4.2.2, se debe utilizar 0.227 gramos de cal dolomita por cada litro de agua empleada. Según la información recopilada, el consumo de agua durante el lavado del productor en estudio es 8.41 L/kg de c.p.s. Como el socio produce 5 084 kg de c.p.s, el agua empleada total sería 42 756.44 litros. Realizando un cálculo simple se concluyó que se necesita 9.71 kg de cal dolomita para poder tratar toda el agua utilizada. La presentación de cada saco es de 60 kg y el costo es de S/.40. Por lo tanto, el precio es de S/ 0.70/ kg de cal dolomita.

Tabla 25. Costo anual asociado al tratamiento de aguas residuales

| Descripción | Cantidad | Unidad | Precio unitario (S/.) | Costo Total (S/.) |
|--------------------|----------|----------------|-----------------------|-------------------|
| Rejilla metálica | 1 | m ² | 30.00 | 30.00 |
| Cal dolomita | 9.71 | kg | 0.70 | 6.80 |
| TOTAL (S/.) | | | | 36.80 |

- Costo de compostaje:** Para realizar el costeo de un compostaje se tomó en cuenta tanto la obtención de microorganismos como su activación. En la tabla 26 se detalla los costos que se incurren para la fermentación de los microorganismos que se combinarán con

los desechos vegetales, la pulpa y la cáscara de café. Como estos últimos elementos se obtienen de la misma finca y del despulpado de café no han sido considerados en el costo. Según información del equipo técnico de la cooperativa, utilizando todos los materiales descritos en la tabla 26 se puede producir alrededor de 1 000 kilogramos de compostaje alcanzando un costo total de S/. 24.90.

Tabla 26. Costo anual asociado al compostaje

| Descripción | Cantidad | Unidad | Precio unitario (S/.) | Costo Total (S/.) |
|----------------------------|-----------------|---------------|------------------------------|--------------------------|
| Vasos plásticos | 10 | und | 0.10 | 1.00 |
| Arroz pre cocido | 0.5 | kg | 1.50 | 0.80 |
| Pedazo de tela | 0.5 | m | 2.00 | 1.00 |
| Rafia | 1 | und | 1.50 | 1.50 |
| Harina de trigo | 2 | kg | 3.00 | 6.00 |
| Harina de menestras | 2 | kg | 3.00 | 6.00 |
| Melaza | 3 | kg | 2.00 | 4.00 |
| Leche fresca | 3 | L | 2.30 | 4.60 |
| TOTAL (S./tonelada) | | | | 24.90 |

Luego de desarrollar las tablas 23, 24, 25, y 26, se conoce cuántos son los costos anuales de las medidas propuestas para mejorar la etapa de beneficio húmedo y secado. En la tabla 27, muestra cuánto es el costo total anual para mejorar la etapa de beneficio húmedo y secado.

Tabla 27. Costo total anual de la propuesta de mejora en la etapa de beneficio húmedo y secado

| Propuestas de mejora | Costo (S/.) |
|---------------------------------|--------------------|
| Implementación de las 5S | 15.20 |
| Revisión técnica de equipos | 295.00 |
| Tratamiento de aguas residuales | 36.80 |
| Compostaje | 24.90 |

| | |
|--------------------------------|---------------|
| COSTO TOTAL ANUAL (S/.) | 371.90 |
|--------------------------------|---------------|

C. Beneficios anuales

Para el cálculo de los beneficios solo se consideran aquellas propuestas de mejora de las cuales se cuenta con información suficiente para afirmar que se estaría obteniendo un ingreso de dinero.

- **Beneficio de la implementación de 5S, el módulo de secador solar y revisión de equipos:** Para estimar cuánto es el beneficio se debe considerar qué problema se está resolviendo con la implementación de la mejora. En este caso, estas tres medidas contrarrestan el aumento de cafés de baja calidad por eso se calcularán juntas. Al implementarlas, su impacto se verá reflejado en elevar la puntuación de taza de los cafés. Los técnicos de la organización sostienen que si los socios obtienen en sus lotes acopiados una puntuación de taza superior a los 84 puntos se recibe un estímulo monetario adicional de S/. 150.00 por cada quintal de c.p.s (55.2 kg). De esta manera, si su producción total es de 5 084 kg de c.p.s el beneficio anual total es de S/ 13 815.20.

De manera cualitativa, se describen otras ventajas que se conseguirá con la implementación de 5S. En primer lugar, se desarrolla el empoderamiento de cada productor para decidir responsablemente, en base a conocimientos adquiridos, los cambios que deben realizar en sus fincas. Se pondrá a prueba su compromiso y capacidad de trabajo en equipo porque cada uno de ellos trabaja con un pequeño grupo de jornaleros a lo largo de la campaña. En segundo lugar, se disminuirán aquellos movimientos innecesarios, se economizará el tiempo y se aprovechará, al máximo, el

espacio luego de reducir el nivel de existencias. Así, se creará un ambiente de trabajo más limpio y ordenado.

- **Beneficio de compostaje:** Si los socios realizan todas las actividades que ayudan a producir un compost rico en los nutrientes que necesita el suelo, ya no necesitan comprar el compost que ofrece el mercado. Como se mencionó, el costo anual asociado a la elaboración de 1 000 kg de compost es de S/. 24.90. Entonces, el productor dejaría de comprar sacos de compost y utilizará su propia producción. En la Tabla 18 se calculó que el productor necesita 31 sacos de compost asociados a la fertilización. Cada saco equivale a 50 kg y tiene el precio de S/. 20.00. Por tanto, los 1 000 kg de compost producido equivalen a 20 sacos que en el mercado tendría un costo total de S/400.00. Finalmente, la diferencia entre el precio del mercado y el costo de producción de 1 t de compost (S/. 400.00 – S/. 24.90) es el beneficio anual de compostaje y equivale a S/: 375.10.

Luego de haber desarrollado el cálculo del beneficio de la implementación de 5S, el módulo de secador solar junto a la revisión de equipos y el beneficio de compostaje, la tabla 28 muestra el beneficio total anual para la propuesta de mejora en toda la etapa de beneficio húmedo y secado.

Tabla 28. Beneficio total anual de la propuesta de mejora en la etapa de beneficio húmedo y secado

| Propuestas de mejora | Beneficio (S/.) |
|--|------------------------|
| Implementación de 5S, módulo de secador solar y revisión de equipos. | 13 815.20 |
| Compostaje | 375.10 |
| BENEFICIO TOTAL ANUAL(S/.) | 14 190.30 |

5.3. Análisis Beneficio - Costo de las propuestas de mejora

Después de haber determinado los costos anuales, beneficios anuales y la inversión inicial de las propuestas de mejora, tanto para la etapa de cultivo como para la etapa de beneficio húmedo y secado, el siguiente paso es evaluar si las propuestas son económicamente viables. En la tabla 29 se muestran al detalle todos los cálculos para hallar el ratio beneficio/costo, siguiendo el método financiero del valor presente neto (VPN). Sin embargo, otro factor importante a considerar en esta metodología es el costo de oportunidad del capital (COK). Para su cálculo se empleó la ayuda de la literatura en la que señala que el COK para el sector agrícola es de 29.7% (Magallanes & Camasi, 2021).

De la tabla 29 se desprende que la implementación de las propuestas de mejora en las etapas de ciclo de vida del café orgánico se recuperaría en el segundo año. Así también, el ratio beneficio/ costo obtenido es 2.11 y como es mayor a 1 significa que las implementaciones de las propuestas son factibles, en términos económicos. Para entender mejor el ratio se puede expresar que por cada sol que se invierte, se obtiene como beneficio 2.11 soles.

Tabla 29. Análisis beneficio – costo de las propuestas de mejora

| DESCRIPCIÓN | AÑOS | | | | | |
|--|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| INVERSIÓN (S/.) | | | | | | |
| Propuesta de mejora en la etapa de cultivo | 4 331.80 | | | | | |
| Propuesta de mejora en la etapa de beneficio húmedo y secado | 13 512.30 | | | | | |
| Total inversión | 17 844.10 | | | | | |
| COSTOS ANUALES (S/.) | | | | | | |
| Propuesta de mejora en la etapa de cultivo | | 4 331.80 | 4 331.80 | 4 331.80 | 4 331.80 | 4 331.80 |
| Propuesta de mejora en la etapa de beneficio húmedo y secado | | 371.90 | 371.90 | 371.90 | 371.90 | 371.90 |
| Total costos | | 4 703.70 | 4 703.70 | 4 703.70 | 4 703.70 | 4 703.70 |
| BENEFICIOS ANUALES (S/.) | | | | | | |
| Propuesta de mejora en la etapa de cultivo | | 4 389.70 | 4 389.70 | 4 389.70 | 4 389.70 | 4 389.70 |
| Propuesta de mejora en la etapa de beneficio húmedo y secado | | 14 190.30 | 14 190.30 | 14 190.30 | 14 190.30 | 14 190.30 |
| Total beneficios | | 18 580.00 | 18 580.00 | 18 580.00 | 18 580.00 | 18 580.00 |

| | | | | | | |
|--------------------------------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| FLUJO DE CAJA (S/.) | -17 844.10 | 13 876.30 | 13 876.30 | 13 876.30 | 13 876.30 | 13 876.30 |
| FLUJO DE CAJA ACUMULADO (S/.) | -17 844.10 | - 3 967.80 | 9 908.50 | 23 784.80 | 37 661.10 | 51 537.40 |
| COK (%) | 29.70 | | | | | |
| VPN (S/.) | -17 844.10 | 10 698.77 | 8 248.86 | 6 359.95 | 4 903.59 | 3 780.71 |
| VPN Costos (S/.) | -17 844.10 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| VPN Beneficios (S/.) | 0.00 | 10 698.77 | 8 248.86 | 6 359.95 | 4 903.59 | 3 780.71 |
| VPN TOTAL (S/.) | 16 147.77 | | | | | |
| TIR (%) | 33.16 | | | | | |
| Ratio B/C | 2.11 | | | | | |

Capítulo 6. Conclusiones y recomendaciones

6.1. Conclusiones

Luego de haber realizado la tesis, se presentan las siguientes conclusiones:

- Los resultados del Análisis de Ciclo de Vida del café verde revelan que la etapa de beneficio húmedo y secado es la de mayor impacto ambiental en la categoría de calentamiento global con una participación del 92.69% del total lo cual asciende a 849.15 kg CO₂ eq/ kg de café verde. La causa principal es la emisión de metano, la cual se origina por la descomposición de los residuos orgánicos (pulpa de café).
- La herramienta de diagnóstico de Ishikawa revela que los puntos críticos son el mal manejo agronómico y la baja calidad del café. El primer punto crítico es causado, principalmente, por la falta de un manejo integrado de plagas y la poca frecuencia de abonamiento. El segundo, porque los procesos no son estandarizados y el desorden en el ambiente de trabajo.
- La implementación de las 5S eleva la eficiencia y productividad en la obtención de café orgánico y transforma su área de trabajo en un entorno limpio y ordenado, mejorando la imagen del productor cafetalero peruano ante los clientes, que cada vez son más exigentes.
- La implementación de las mejoras propuestas lograría una producción de café 48.60% superior al promedio y una mejor calidad de taza que se traduce en un incremento del 41.66% en el ingreso anual de los productores.
- La inversión total de la implementación de las mejoras asciende a S/. 17 844, con un ratio beneficio/ costo de 2.11 y tiempo de recuperación es de dos años.

- El haber medido la huella ambiental del café verde y propuesto medidas de mitigación, responde a las exigencias del mercado europeo principalmente, el cual solicita que se cuantifique y mejore el desempeño ambiental en toda la cadena de valor del producto.

6.2. Recomendaciones

- Para futuros estudios se recomienda la participación de los productores y técnicos con la finalidad de plantear los factores que repercuten en la productividad y la calidad del café. Los técnicos son quienes tienen una relación cercana con cada unidad productora. Entonces, junto a ellos se debe establecer qué causas deben ser atacadas para la búsqueda de una solución. No solo ello, sino que se mediante la utilización del ACV se pueden medir otras categorías de impacto ambiental tales como la huella hídrica, la acidificación o la eutrofización.
- Una vez implementadas las mejoras propuestas, se debe realizar un nuevo estudio de Análisis de Ciclo de Vida para afinar la información recabada. Adicionalmente, se conocerá cuáles son los nuevos niveles de impacto ambiental de toda la producción del café orgánico y en cuánto favoreció al ambiente las acciones ejecutadas.
- Se puede replicar la implementación de las 5S en otras cooperativas agrarias cafetaleras de Cajamarca o de otros departamentos productores de café. De esta manera, serán más las unidades productoras que tomen conciencia de la importancia de trabajar bajo estándares de orden, limpieza y seguridad. Además, se debe procurar que el control o monitoreo inicial sea constante, mediante evaluaciones periódicas, para conocer el avance y el nivel de mejora alcanzado.
- Los productores cafetaleros conforme incrementan el porcentaje de compostaje de la pulpa de café pueden crear alianzas con productores de otros cultivos para la venta de compost.

- Buscar financiamiento, a través de organizaciones no gubernamentales, para disminuir la inversión inicial. La ventaja es que estas organizaciones se involucran e intervienen no solo en aspectos económicos; sino que brindan capacitaciones sobre todo lo relacionado con mejorar la producción y la calidad del café.
- Las estrategias de PML deben ajustarse a los diferentes escenarios de producción. Es decir, cada productor está acostumbrado a realizar, a su manera, el procesamiento del café. No es cuestión de imponer un modelo de plan de trabajo sino de persuadirlos, en base a los beneficios que se obtendrán, sobre por qué es una mejor opción.



Bibliografía

- Agencia Europea del Medio Ambiente. (2013). *EMEP/EEA Emission Inventory Guidebook* [Manual]. Recuperado de <http://www.eea.europa.eu/themes/air/emep-eea-air-pollutant-emission-inventory-guidebook>
- Agrobanco. (2012). *Análisis de suelo y fertilización en el cultivo de café orgánico* [Guía Técnica]. Recuperado de <https://www.agrobanco.com.pe/data/uploads/ctecnica/011-b-cafe.pdf>
- Asaka, T. & Ozeki, K. (1992). *Manual de herramientas de calidad: el enfoque japonés*. Madrid: Tecnología de Gerencia y Producción.
- Avendaño, D. A. (2003). *El proceso de compostaje* [Tesis de grado]. Recuperado de <https://docplayer.es/17073510-El-proceso-de-compostaje.html>
- Barry, M.T. (2011). Life cycle assessment and the New Zealand wine industry: a tool to support continuous environmental improvement. Recuperado de <https://mro.massey.ac.nz/handle/10179/2920>
- Bernet, T., Thiele, G., Lopez, G., Velasco, C., & Devaux, A. (2000). *Enfoque Participativo en Cadenas Productivas: manual de usuario*. Lima: Centro Internacional de la Papa – Papa Andina.
- Breyfogle III, F.W. (2003). *Implementing Six Sigma: smarter solutions, using statistical methods*. Hoboken, NJ: Wiley.
- Brommer E., Stratmann B., & Quack, D. (2011). Environmental impacts of different methods of coffee preparation. *International Journal of Consumers Studies*, 35, 212 - 220
- Cáceres, A.L. (2016). *Análisis de ciclo de vida comparativo de edificaciones multifamiliares en Lima* (Tesis de grado). Recuperado de <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=cab&AN=pucp.581552&lang=es&site=eds-live&scope=site>
- Calvo, M. S, & Aguado, I. A. (1997). *El medio ambiente en la opinión pública: Tendencias de opinión. Demanda social. Análisis y gestión de la opinión pública en materia de medio ambiente. Comunicación medioambiental en la Administración y en la empresa*. Mundi-Prensa Libros.
- Cenicafé. (2009). *Claves para el éxito del hongo Beauveria bassiana como controlador biológico de la broca del café*. Recuperado de <https://www.cenicafe.org/es/publications/avt0384.pdf>
- Cenicafé. (2012). *Manejo integrado de la broca* [Cartilla]. Recuperado de https://www.cenicafe.org/es/publications/cartilla_14_manejo_integrado_de_la_broca.pdf
- Chiavenato, I. (2002). *Administración en los Nuevos Tiempos*. Mc Graw Hill.
- Coffee Productions. (2017). Cafés certificados: Rainforest, UTZ y Fair Trade. Recuperado de <http://www.coffeeprod.es/cafe-certificados-rainforest-utz-y-fairtrade/#modal>

- Consejo Nacional de la Empresa Privada. (2009). *¿Qué es la Producción más Limpia?* Panamá, República de Panamá: Autor.
- Cámara Peruana de Café y Cacao & Junta Nacional del Café. (2017). *Boletín Estadístico: café de Perú*. Recuperado de <https://www.globalcoffeeplatform.org/assets/files/Resources/General-Information/Peru/Boletin-estadistico-camcafe-19-12-2017-vf1.pdf>
- Dirección General de Promoción Agraria. (2015). *Las Cadenas productivas como lineamiento de política agraria en el Perú*. Lima: Ministerio de Agricultura y Riego.
- Dirección General de Políticas Agrarias. (2020). *Observatorio de Commodities* [Boletín]. Recuperado de https://www.inia.gob.pe/wp-content/uploads/2020/04/Reporte_Obs_Commodities_Cafe.pdf
- Ecoinvent. (s.f.). *The ecoinvent Database is a Life Cycle Inventory (LCI) database that supports various types of sustainability assessments*. Ecoinvent Database. <https://ecoinvent.org/the-ecoinvent-database/>
- Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. (2018, 6 de junio). *Hongos para el manejo de Broca* [Archivo de video]. Recuperado de https://www.youtube.com/watch?v=XVnS_VPWqg4
- Finkbeiner, M., Inaba, A., Tan, R. B. H., Christiansen, K., & Klüppel, H.-J. (2006). The New International Standards for Life Cycle Assessment: ISO 14040 and ISO 14044. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 11(2), 80–85. Recuperada de <https://doi.org.ezproxybib.pucp.edu.pe/10.1065/lca2006.02.002>
- Fundación para el Desarrollo Socioeconómico y Restauración Ambiental. (s.f.). Trampa artesanal para la broca del café. Recuperado de <http://www.fundesyram.info/biblioteca.php?id=1817>
- Gapp, R., Fisher, R., & Kobayashi, K. (2008). Implementing 5S within a Japanese context: as an integrated management system. *Management Decision*, 46 (4), 565 - 579
- Gonzales, L.A., & Hernan, J. (2005). *Glosario para Estudios Ambientales*. Cali: USC, Cooprusaca, Poemia
- Hernandez, J.C., & Vizán, A. (2013). *Lean Manufacturing: Conceptos, técnicas e implantación*. Madrid: Fundación Escuela de Organización Industrial. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/313931573_Lean_Manufacturing_Conceptos_tecnicas_e_implantacion
- Idrovo, I., Landajo, B., & Zufía J. (2006). *Manual de Implantación de Producción Limpia*. Quito: Imago.
- Ingelmo F., & Ibáñez, A. (1998). *Runoff and infiltration in soils amended with sludge under dry Mediterranean climate* [Artículo científico]. Recuperado de <https://www.witpress.com/Secure/elibrary/papers/ECOSUD97/ECOSUD97048FU.pdf>

- International Coffee Organization. (2019). *Informe de la OIC sobre desarrollo cafetero de 2019* [Sumario]. Recuperado de <http://www.ico.org/documents/cy2018-19/ed-2318c-overview-flagship-report.pdf>
- International Coffee Organization. (2020, 8 de diciembre). Aspectos botánicos. Recuperado de http://www.ico.org/es/botanical_c.asp
- International Coffee Organization. (2020). *World coffee consumption* [Resumen]. Recuperado de <http://www.ico.org/prices/new-consumption-table.pdf>
- International Coffee Organization. (2021). *Informe del mercado de café – noviembre 2021*. Recuperado de <http://www.ico.org/documents/cy2021-22/cmr-1121-c.pdf>
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2010). Clasificación Industrial Internacional Uniforme de todas las actividades económicas – Revisión 4. Recuperado de https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib0883/Libro.pdf
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2012). IV Censo Nacional Agrario. Recuperado de <https://proyectos.inei.gov.pe/CenagroWeb/?id=CensosNacionales>
- Instituto Nacional de la Innovación Agraria. (2019). *Sistematización de la experiencia de los subproyectos de café* [Informe]. Recuperado de <https://www.pnia.gov.pe/wp-content/uploads/2019/10/estudio-de-cafe.pdf>
- Instituto Técnico de Chile – INTEC. (1999). Manual de Compostaje (I ed.). Santiago de Chile, Chile: Editorial INTEC.
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2006). *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Recuperado de http://www.ipccnggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/4_Volume4/V4_11_Ch11_N2O&CO2.pdf
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2006). *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Recuperado de https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gp/spanish/5_Waste_ES.pdf
- Junta Nacional del Café. (2021, 6 de enero). Exportación de café peruano disminuyó 7.55% en valor y 11.5% en volumen en 2019. Recuperado de <https://juntadelcafe.org.pe/exportacion-de-cafe-peruano-disminuyo-7-5-en-valor-y-11-5-en-volumen-en-2019/>
- Kew Royal Botanic Gardens. (2019, 16 de enero). Científicos de Kew Gardens revelan que el 60% de las especies silvestres de café están amenazadas. Recuperado de <https://www.kew.org/about-us/press-media/cient%C3%ADficos-de-kew-gardens-revelan-que-el-60-de>
- Killian, B., Rivera, L., Soto, M., & Navichoc, D. (2012). Carbon footprint across the coffee supply chain: the case of Costa Rican coffee. [Artículo científico]. Recuperado de <https://www.balas.org/resources/Documents/2013%20Conference%20Files/2013%20Conference%20Proceedings/Carbon%20Footprint%20Across%20the%20Coffee%20Supply%20Chain%20-%20The%20Case%20of%20Costa%20Rican%20Coffee.pdf>

- Labrador, J. (1996). *La materia orgánica en los agrosistemas: Aproximación al conocimiento de la dinámica, la gestión y la reutilización de la materia orgánica en los agrosistemas*. Madrid, España: Mundi – Prensa.
- Lázaro, J., Pujay, Y., Torres, P.R., Velasquez, J.H., & Untiveros, C. (s.f.). *Manual de proceso de la calidad del café Selva Central Perú*. Recuperado de https://assets.rikolto.org/paragraph/attachments/manual_de_proceso_de_la_calidad_del_cafe_selva_central_peru.pdf
- Manzano, M., & Gisbert, V. (2016). Lean Manufacturing: 5S Implantation. *3 C Tecnología*, 5 (4), 16-26.
- Magallanes, J.F., & Camasi, C.F. (2021). Costo de oportunidad del sector agrícola comercial exportador en el Perú, 1998 – 2017. *Anales científicos*, 82 (1), 33 – 41.
- Mintzberg, H. (1979). *The structuring of organizations*. Englewood Cliffs NJ: Prentice Hall.
- Miranda, L.V. (2017). *Análisis y propuesta de mejora en el proceso de tratamiento de efluentes oleosos en una refinería de petróleo con estrategias de producción más limpia* (Tesis de grado). Recuperado de <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=ir00558a&AN=pucp.123456789.8059&lang=es&site=eds-live&scope=site>
- Moreno, J., & Moral, R. (2008). *Compostaje*. Madrid, España: Mundi – Prensa.
- Morgan, R.M. and Hunt, S.D. (1994). The Commitment-Trust Theory of Relationship Marketing. *Journal of Marketing*, 58, 20-38.
- Nemecek, T., & Kagi, A. (2007). *Life Cycle Inventories of Swiss and European Agricultural Production System*. Recuperado de https://db.ecoinvent.org/reports/15_Agriculture.pdf
- Olivera, A., Cristobal, S., & Saizar, C. (2016). Análisis De Ciclo De Vida Ambiental, Económico Y Social Una Herramienta Para La Evaluación De Impactos Y Soporte Para La Toma De Decisiones. *Innotec Gestión*, (7), 20–27. Recuperado de <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=fua&AN=120832743&lang=es&site=eds-live&scope=site>
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación – FAO. (2009). *Glosario de Agricultura Orgánica*. Recuperado de <http://www.fao.org/3/a-as989t.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura – FAO & Grupo Técnico Intergubernamental del Suelo – GTIS. (2016). *Estado mundial del recurso suelo* [Resumen técnico]. Recuperado de <http://www.fao.org/3/I5126S/i5126s.pdf>
- Organización Internacional del Café. (2016). *Evaluación de la sostenibilidad económica de la producción de café*. Londres: ICO. Recuperado de <http://www.ico.org/historical/1990%20onwards/PDF/1a-total-production.pdf>

- Programa de Commodities Verdes - PCV & Programa para las Naciones Unidas para el desarrollo - PNUD. (2016). *Informe de evaluación del Programa Nacional de Renovación de Cafetales*. Lima: PCV-PNUD
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente - PNUMA. (2004). *La Producción Más Limpia y el consumo sustentable en América Latina y el Caribe*. México, D.F.: Editorial y Litografía Regina de los Ángeles.
- Programa de Apoyo a la Formación Profesional para la Inserción Laboral en el Perú - APROLAB. (2007). *Manual para la producción de compost con microorganismos eficaces*. Recuperado de <https://silo.tips/download/elaborado-por-programa-pase>
- Pyzdek, T. (2003). *The Six Sigma Handbook*. New York: McGraw Hill.
- Real Jardín Botánico de Kew. (2018). High extinction risk for wild coffee species and implications for coffee sector sustainability. *Science Advances*. 5 (1). Doi: 10.1126/sciadv. aav3473
- Rey, F. (2005). *Las 5S: orden y limpieza en el puesto de trabajo*. Madrid: Fundación Confemetal. Recuperado de <https://books.google.es/books?id=NJtWepnesqAC&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>
- Reyes, J.V., Aguilar, L., Hernández, J.L., Mejías A., & Piñero, A. (2017). La metodología 5S como estrategia para la mejora continua en industrial del Ecuador y su impacto en la seguridad y salud laboral. *Polo del Conocimiento*, 2 (7), 1040 – 1059.
- Román, P., Martínez, M.M., & Pantoja, A. (2013). *Manual de compostaje del agricultor: Experiencias en América Latina* [Manual]. Recuperado de <http://www.fao.org/3/a-i3388s.pdf>
- Royal Botanic Gardens, Kew. (2019, 16 de junio). Científicos de Kew Gardens revelan que el 60% de las especies silvestres de café están amenazadas. Recuperado de <https://www.kew.org/about-us/press-media/cient%C3%ADficos-de-kew-gardens-revelan-que-el-60-de>
- SETAC. (1993). *Guidelines for Life-Cycle Assessment: A "Code of Practice"*. Bruselas: SETAC.Sierra Exportadora. (s.f.). *Abonamiento de café* [Cartilla informativa]. Recuperado de http://infocafes.com/portal/wp-content/uploads/2016/05/Abonamiento_cafe.pdf
- SimaPro. (s.f.). *About SimaPro*. SimaPro. <https://simapro.com/about/>
- Sturm, A., & Müller, K. (2001). *Standardized EcoEfficiency Indicators*. Basilea: Ellipson Consultants.
- Sturm, A., Müller, K., & Upasena S. (2004). *A manual for the Preparers and Users of Ecoefficiency Indicators*. Nueva York: United Nations Conference on Trade and Development.
- Tirabanti, J. (2016). *Abonamiento orgánico de cafetales renovados* [Folleto]. Recuperado de <http://infocafes.com/portal/wp-content/uploads/2016/07/18815922016761695.pdf>

- Trinh, L.T.K., Hu, A.H., Lan, Y.C., & Chen, Z. H. (2019). Comparative life cycle assessment for conventional and organic coffee cultivation in Vietnam. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 17, 1307 – 1324.
- United States Department of Agriculture – USDA. (2020). *Coffee: World markets and trade* [Reporte]. Recuperado de <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/coffee.pdf>
- United States Department of Agriculture – USDA. (2019). *Coffee: World Markets and Trade* [Artículo]. Recuperado de <https://downloads.usda.library.cornell.edu/usda-esmis/files/m900nt40f/xk81jw68v/kp78gs60d/coffee.pdf>
- UTZ Certified. (s.f.). *Manual para la construcción de sistemas de tratamiento de aguas residuales en beneficios pequeños de café*. Recuperado de <https://utz.org/language-landingpage/sp/#downloads>
- Vega, J.C., & Claeys, A. (2016). *Manual de producción de café de calidad: Buenas prácticas agrícolas, cosecha y post – cosecha para cafés especiales del Noroccidente de Quito*. Recuperado de https://assets.rikolto.org/paragraph/attachments/manual_cafe_de_calidad_noroccidente_de_quito_ecuador.pdf
- World Business Council for Sustainable Development. (2000). *Measuring Eco – Efficiency: A guide to reporting Company performance*. WBCSD.
- Yauri, L. A. (2015). *Análisis y mejora de procesos en una empresa manufacturera de calzado* (Tesis de grado). Recuperado de http://eds.a.ebscohost.com/plink?key=10.83.10.81_8000_831523503&db=cat02225a&AN=pucp.578096&lang=es&site=eds-live&scope=site
- Yulexis Meneses L., Rosa Domínguez, E., & Guerra Valdés, B. (2016). Análisis De Ciclo De Vida Y Análisis De Peligros Y Puntos De Control Críticos Al Producto Pastas Alimenticias. *Centro Azúcar*, 43(4), 16–26. Recuperado de <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=fua&AN=122229933&lang=es&site=eds-live&scope=site>

Anexos

Anexo A. Croquis general de la Cooperativa



Anexo B. Cuestionario para levantamiento de información

| | | | | |
|---|---|--------------------------|--|--|
| FP UP-1 | | | | |
| <u>LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN</u> | | | | |
| <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%; padding: 5px;"><i>Nombre de la persona entrevistada:</i></td> <td style="width: 50%; padding: 5px;"><i>Teléfono celular:</i></td> </tr> <tr> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> </tr> </table> | <i>Nombre de la persona entrevistada:</i> | <i>Teléfono celular:</i> | | |
| <i>Nombre de la persona entrevistada:</i> | <i>Teléfono celular:</i> | | | |
| | | | | |
| <u>OBTENCIÓN DE SEMILLAS</u> | | | | |
| <p>1. Cantidad de plantas que se restablecen / instalación por ha)</p> <p>_____</p> <p>_____</p> | | | | |
| <p>2. ¿Usted compra las semillas para el restablecimiento/ instalación de plantas de café?</p> <p>Sí ____ Lugar de compra y distancia _____</p> <p>No ____</p> | | | | |
| <p>2.1 Si no compra las semillas de café, ¿De dónde las obtiene? Especifique lugar y distancia.</p> <p>_____</p> <p>_____</p> | | | | |
| <p>3. ¿Cuántos kilogramos de semilla requiere para restablecer su campo al año?</p> <p>_____</p> | | | | |
| <p>3.1 ¿Cada cuánto tiempo compra semillas?</p> <p>_____</p> <p>_____</p> | | | | |
| <p>4. Desinfección de las semillas</p> <p>Indicar los productos que usa para todas las semillas obtenidas.</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Unidad: Si compra en sacos, especificar el peso por saco, si es otra unidad (carretillas, baldes, etc) especificar el tipo de unidad y las dimensiones. ✓ Lugar y distancia: Especificar el lugar de compra u obtención y la distancia. ✓ Forma de transporte: Especificar si es en camión (indicar capacidad de carga del camión), camioneta, moto u otra forma de transporte. | | | | |

| Nombre | Cantidad | Unidad (kg, litros, sacos, otro) | Lugar y distancia | Forma de transporte |
|--------|----------|----------------------------------|-------------------|---------------------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

GERMINACIÓN DE SEMILLAS

5. De cada diez semillas ¿Cuántas germinan?

6. Manejo agronómico

Indicar los productos orgánicos e inorgánicos que utiliza, por ejemplo, fertilizantes, arena de río, tierra, agua, entre otros. Indicar el total que usa para todas las semillas obtenidas (indicada en el punto anterior).

- ✓ **Unidad:** Si compra en sacos, especificar el peso por saco, si es otra unidad (carretillas, baldes, etc) especificar el tipo de unidad y las dimensiones.
- ✓ **Lugar y distancia:** Especificar el lugar de compra u obtención y la distancia.
- ✓ **Forma de transporte:** Especificar si es en camión (indicar capacidad de carga del camión), camioneta, moto u otra forma de transporte.

| Nombre | Cantidad | Unidad (kg, litros, sacos, otro) | Lugar y distancia | Forma de transporte |
|--------|----------|----------------------------------|-------------------|---------------------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

7. Materiales y equipos

Elaborar un listado con los distintos tipos de materiales y equipos usados (por ejemplo, cajas, costales, malla, entre otros).

| Nombre | Cantidad |
|--------|----------|
| | |
| | |
| | |

VIVERO**8. Preparación de sustrato**

Elaborar un listado con los distintos tipos insumos utilizados para todas las semillas germinadas. Los insumos pueden ser fertilizantes inorgánicos, gallinaza, guano de otros animales, compost, agua, bolsas de plástico, entre otros.

- ✓ **Unidad:** Si compra en sacos, especificar el peso por saco, si es otra unidad (carretillas, baldes, etc) especificar el tipo de unidad y las dimensiones.
- ✓ **Lugar y distancia:** Especificar el lugar de compra u obtención y la distancia.
- ✓ **Forma de transporte:** Especificar si es en camión (indicar capacidad de carga del camión), camioneta, moto u otra forma de transporte.

| Nombre | Cantidad | Unidad (kg, litros, sacos, otro) | Lugar y distancia | Forma de transporte |
|--------|----------|----------------------------------|-------------------|---------------------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

9. Construcción de tinglado**9.1 ¿Construye un tinglado cada año?**

Sí ___ No ___

9.2 En caso la respuesta sea "NO" especificar cada cuanto construye un tinglado.

9.3 Elaborar un listado con los distintos tipos de materiales y equipos usados (palo de monte, malla raschel, clavos, etc).

| Nombre | Cantidad |
|--------|----------|
| | |
| | |

| | |
|--|--|
| | |
| | |

10. Manejo agronómico para las plántulas

Elaborar un listado con los distintos tipos de insumos utilizados para el total de plántulas (semillas germinadas). Los insumos pueden ser fertilizantes, guano, agua, entre otros.

- ✓ **Unidad:** Si compra en sacos, especificar el peso por saco, si es otra unidad (carretillas, baldes, etc) especificar el tipo de unidad y las dimensiones.
- ✓ **Lugar y distancia:** Especificar el lugar de compra u obtención y la distancia.
- ✓ **Forma de transporte:** Especificar si es en camión (indicar capacidad de carga del camión), camioneta, moto u otra forma de transporte.

| Nombre | Cantidad | Unidad (kg, litros, sacos, otro) | Lugar y distancia | Forma de transporte |
|--------|----------|----------------------------------|-------------------|---------------------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

LIMPIEZA DEL CAMPO DEFINITIVO

11. Materiales y equipos utilizados para la limpieza del campo definitivo

| Nombre | Cantidad |
|--------|----------|
| | |
| | |
| | |

TRASPLANTE

12. De cada cien plántulas: ¿Cuántas mueren?

13. Preparación de suelo para trasplante

Elaborar un listado con los distintos tipos de fertilizantes e insumos usados. Se agradece pueda proporcionarnos las cantidades para todas las plántulas que se trasplantan.

- ✓ **Unidad:** Si compra en sacos, especificar el peso por saco, si es otra unidad (carretillas, baldes, etc) especificar el tipo de unidad y las dimensiones.
- ✓ **Lugar y distancia:** Especificar el lugar de compra u obtención y la distancia.
- ✓ **Forma de transporte:** Especificar si es en camión (indicar capacidad de carga del camión), camioneta, moto u otra forma de transporte.

| Nombre | Cantidad | Unidad (kg, litros, sacos, otro) | Lugar y distancia | Forma de transporte |
|--------|----------|----------------------------------|-------------------|---------------------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

CULTIVO:

14. Cantidad de hectáreas que tiene su campo definitivo de producción:

15. ¿Cuál es el distanciamiento entre cafeto y cafeto (surcos y callejón)?

16. ¿Cuál es la distancia entre el cafeto y el árbol de sombra?

17. ¿Qué tipo de árbol sombra utiliza y cuál es la cantidad por Ha?

18. Indicar la cantidad de plantas en su campo definitivo

19. Manejo agronómico

Indicar los productos orgánicos e inorgánicos que utiliza, por ejemplo, fertilizantes. Indicar el total que usa para todas los plantones cultivados (indicada en el punto anterior).

- ✓ **Unidad:** Si compra en sacos, especificar el peso por saco, si es otra unidad (carretillas, baldes, etc) especificar el tipo de unidad y las dimensiones.
- ✓ **Lugar y distancia:** Especificar el lugar de compra u obtención y la distancia.
- ✓ **Forma de transporte:** Especificar si es en camión (indicar capacidad de carga del camión), camioneta, moto u otra forma de transporte.

| Nombre | Cantidad | Unidad (kg, litros, sacos, otro) | Lugar y distancia | Forma de transporte |
|--------|----------|----------------------------------|-------------------|---------------------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

COSECHA

20. ¿Cuál es la cantidad de cerezo de café que cosecha en total por año? Especifique si son kilogramos, toneladas o latas. En caso se acopie el café en un recipiente especifique el peso de este.

21. Equipos y herramientas

Favor de mencionar los equipos y herramientas que se utilizan.

| Nombre | Cantidad |
|--------|----------|
| | |
| | |
| | |

BENEFICIO HÚMEDO EN FUNDO (Si no hace beneficio en fundo no responda)

22. ¿Cuántas toneladas de cerezos que produce los beneficia en fundo?

23. Especificar el consumo eléctrico por cada mes.

| Meses | Consumo eléctrico (S/.) Especificar precio del kWh = | Colocar "X" en meses que se hizo beneficio húmedo |
|-----------|---|--|
| Enero | | |
| Febrero | | |
| Marzo | | |
| Abril | | |
| Mayo | | |
| Junio | | |
| Julio | | |
| Agosto | | |
| Setiembre | | |
| Octubre | | |
| Noviembre | | |
| Diciembre | | |

Beneficio húmedo del café

24. Máquinas para despulpado

Elaborar un listado de la cantidad de las máquinas que se utilizan para el despulpado de café (despulpadora, motores, etc).

| Máquina | Capacidad de procesamiento por hora | Potencia |
|---------|-------------------------------------|----------|
| | | |
| | | |
| | | |

24.1 En casos los motores que usa para el despulpado usen algún otro combustible, especifique el tipo de combustible y la cantidad que compra por año (MANUAL)

Fermentado

25. Tanques para fermentado

Especifique las dimensiones de los tanques para fermentado

| Tanque | Largo | Ancho | Alto | Material del que está hecho | Cantidad de kilogramos de café que entran | Altura hasta la que llena el tanque con pulpa de café |
|--------|-------|-------|------|-----------------------------|---|---|
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

25.1 Especifique el tipo de tanque con el que cuenta:

25.2 Especifique la técnica de fermentado que utiliza:

Lavado

26. Especifique la técnica de lavado que utiliza:

27. Especifique la cantidad de agua que usa en el lavado por kilogramo de café pergamino:

28. Tanques para lavado

Especifique las dimensiones de los tanques para fermentado

| Tanque | Largo | Ancho | Alto | Material del que está hecho | Cantidad de kilogramos de café en baba | Altura hasta la que llena el tanque con pulpa de café y agua |
|----------|-------|-------|------|-----------------------------|--|--|
| Tanque 1 | | | | | | |
| Tanque 2 | | | | | | |

29. En casos los motores que usa para el bombeado de agua para el lavado usen combustible, especifique la cantidad usada por campaña y el tipo de combustible:

30. ¿Se reutiliza el agua del lavado? ¿Cuánta del agua? ¿En qué se reutiliza?

31. ¿Cuál es la cantidad final de pulpa de café que obtiene por campaña?

SECADO EN FUNDO

32. Describa el proceso de secado

33. ¿Qué cantidad de café pergamino seca en el fondo?

34. ¿Dónde se seca café pergamino restante?

35. Equipos y herramientas

Favor de mencionar los equipos y herramientas que se utilizan en la fase de limpieza y trazado (perihuelas, secadores solares, plásticos, calaminas, etc).

- ✓ **Lugar y distancia:** Especificar el Lugar y distancia al lugar de compra u obtención de los equipos, materiales y herramientas.
- ✓ **Forma de transporte:** Especificar si es en camión (indicar capacidad de carga del camión), camioneta, moto u otra forma de transporte. USO PÚBLICO

| Nombre | Cantidad | Lugar y distancia | Forma de transporte |
|--------|----------|-------------------|---------------------|
| | | | |
| | | | |
| | | | |

36. ¿Con qué porcentaje de humedad en promedio sale el café pergamino para la venta?

37. ¿Qué cantidad de café pergamino seco se obtiene?

38. ¿Cómo y dónde almacena su café?

| SUB PROCESOS | PRODUCTORES | | | | | | | | | |
|---|-------------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|---------|---------|
| | 21P | 22P | 23P | 24P | 25P | 26P | 27P | 28P | 29P | 30P |
| CULTIVO | | | | | | | | | | |
| Inputs | | | | | | | | | | |
| Cafetos (und/ t cerezo) | 31.22 | 41.42 | 54.64 | 68.42 | 59.01 | 90.66 | 103.63 | 47.89 | 64.35 | 61.81 |
| LIMPIEZA CAMPO (anual) Y TRASPLANTE | | | | | | | | | | |
| Inputs | | | | | | | | | | |
| Gasolina (L / t cerezo) | | | | | | | | | | |
| Outputs | | | | | | | | | | |
| Emisiones de quema de gasolina (kg / t cerezo) | | | | | | | | | | |
| ABONAMIENTO | | | | | | | | | | |
| Inputs | | | | | | | | | | |
| Terreno (ha / t cerezo) | 0.09 | 0.06 | 0.10 | 0.12 | 0.08 | 0.14 | 0.18 | 0.07 | 0.38 | 0.13 |
| Cafeto (und / t cerezo) | 31.22 | 41.42 | 54.64 | 68.42 | 59.01 | 90.66 | 103.63 | 47.89 | 64.35 | 61.81 |
| Pachakushi (kg/t cerezo) | 39.81 | 56.33 | 52.02 | - | 56.18 | 53.94 | 59.85 | 20.69 | 20.27 | 61.03 |
| Sulfato de Amonio (kg / t cerezo) | | | | | | | | | | |
| Guano de isla (kg / t cerezo) | 20.52 | | 23.77 | 5.47 | | | 16.42 | 20.69 | | |
| Compost de café (kg / t cerezo) | | | | 58.16 | | 9.03 | | | | |
| Lluvia (m ³ / t cerezo) | 1122.40 | 784.23 | 1312.43 | 1468.07 | 1072.50 | 1727.62 | 2244.80 | 870.44 | 4751.44 | 1685.08 |
| Guano de cuy (kg / t cerezo) | | | | | | | | | | |
| Guano de Chivo (kg / t cerezo) | | | | | | | | | | |
| Outputs | | | | | | | | | | |
| Cerezo (t/ t de cerezo) | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| Emisiones aire | | | | | | | | | | |
| guano de chivo (gr NH ₃ /t cerezo) | | | | | | | | | | |
| guano de cuy (gr NH ₃ /t cerezo) | | | | | | | | | | |
| Sulfato de amonio (kg NH ₃ /ton cerezo) es 8% of total N | | | | | | | | | | |
| Cuy-pachakushi-chivo [kg nitrogen oxides (NO _x)/ ton cerezo] es 2.6%kg NO _x -N / kg N | 0.01 | 0.02 | 0.02 | - | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.01 | 0.01 | 0.02 |
| Cuy-pachakushi-chivo [kg dinitrogen oxides (N ₂ O) / t cerezo] | 0.00 | 0.01 | 0.01 | - | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.00 | 0.00 | 0.01 |
| Emisiones al agua | | | | | | | | | | |
| Cuy-pachakushi-chivo [kg Nitrate (NO ₃) / t cerezo] | 0.03 | 0.04 | 0.03 | - | 0.04 | 0.03 | 0.04 | 0.01 | 0.01 | 0.04 |
| Cuy - chivo P run- off to surface water (kg P / t cerezo) | | | | | | | | | | |



