



Análisis Costo – Beneficio de Prácticas ASAC en la Cuenca del Río Palacé

Territorio Sostenible Adaptado al Clima (TeSAC) Cauca
Departamento del Cauca, Colombia.

Consultor: Jairo Ramírez



PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN DE CGIAR EN

**Cambio Climático,
Agricultura y
Seguridad Alimentaria**



TeSAC

Territorio Sostenible Adaptado al Clima

**ANÁLISIS COSTO – BENEFICIO DE PRÁCTICAS ASAC EN LA CUENCA DEL RÍO
PALACÉ, TeSAC CAUCA, DEPARTAMENTO DEL CAUCA, COLOMBIA.**

MARCO DE PRIORIZACIÓN DE AGRICULTURA SOSTENIBLE ADAPTADA AL CLIMA

CONSULTOR: JAIRO RAMÍREZ

**CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL (CIAT)
PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN EN CAMBIO CLIMÁTICO, AGRICULTURA Y
SEGURIDAD ALIMENTARIA (CCAFS)
Cali, Colombia
2016**

Tabla de Contenido

ANÁLISIS COSTO – BENEFICIO DE PRÁCTICAS ASAC EN LA CUENCA DEL RÍO PALACÉ, TeSAC CAUCA, DEPARTAMENTO DEL CAUCA, COLOMBIA	1
Tabla de Contenido	2
LISTADO DE TABLAS.	4
LISTADO DE FIGURAS.	5
INTRODUCCIÓN	7
1. Objetivo General	8
2. Objetivos Específicos.....	8
3. Metodología	8
3.1 Componentes de la Metodología.....	8
3.1.1 Evaluación del escenario sin intervención.	8
3.1.2 Evaluación del escenario con intervención.	9
3.1.3 Estimación del flujo de beneficios netos.....	9
3.1.4 Estimación de los indicadores de rentabilidad de las prácticas ASAC.	9
3.1.5 Valoración económica de las externalidades.	9
3.1.6 Análisis de sensibilidad.....	13
3.1.7 Estimación del impacto agregado de las prácticas ASAC.	14
3.2 Alcance del Análisis Costo-Beneficio	14
3.3 Fuentes de información.	14
3.3.1 Indicadores de rentabilidad de las prácticas ASAC.	14
3.3.2 Valoración de externalidades y del impacto agregado de las prácticas ASAC.....	15
4. CONTEXTO GEOGRÁFICO DEL TESAC CAUCA.....	17
4.1 CARACTERÍSTICAS SOCIALES Y BIOFÍSICAS DEL TeSAC CAUCA.....	18
4.2 IDENTIFICACIÓN DE LOS PROBLEMAS DE LA CUENCA ALTA DEL RÍO CAUCA.	20
4.3 IDENTIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS PRODUCTIVOS Y SUS PRÁCTICAS.....	21
5. RESULTADOS ANÁLISIS COSTO – BENEFICIO	24
5.1 Características socioeconómicas de los productores.	24
5.2. Costos de las medidas de adaptación y de los sistemas productivos de café y caña panelera.	27
5.3 Revisión de literatura	27
5.4 Resultados de Rentabilidad Privada de las Medidas de Adaptación.	27

5.4.1 RENTABILIDAD MEDIDAS DE ADAPTACIÓN EN EL SISTEMA PRODUCTIVO CAFÉ CON SOMBRÍO Y CAFÉ SIN SOMBRÍO.....	29
5.4.2 RENTABILIDAD MEDIDAS DE ADAPTACIÓN EN CAÑA PANELERA.	38
5.4.3 RENTABILIDAD MEDIDAS DE ADAPTACIÓN EN CULTIVOS INTERCALADOS CAFÉ CON SOMBRÍO Y CAÑA PANELERA Y CAFÉ SIN SOMBRÍO Y CAÑA PANELERA.	42
6. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD	48
6.1 Variaciones en parámetros del modelo ACB.....	48
7. Externalidades en el Análisis Costo – Beneficio.	50
7.1 IDENTIFICACIÓN DE EXTERNALIDADES	50
7.1.1 BENEFICIOS INDIRECTOS DE LAS MEDIDAS DE ADAPTACION PARA LA DISPONIBILIDAD Y MANEJO DEL AGUA.	55
7.1.2 BENEFICIOS EXTERNOS DE LA BIOFÁBRICA Y EL EMPLEO DE ABONOS ORGÁNICOS.	57
7.1.3 BENEFICIOS DE LAS HUERTAS FAMILIARES ORGÁNICAS.....	60
7.1.4 BENEFICIOS DE LAS FRANJAS MULTIESTRATO	63
7.2. VALORACIÓN DE EXTERNALIDADES	64
7.2.1 Reducción de emisiones de Gases Efecto Invernadero (GEI).....	65
7.2.2 Reducción o prevención de la erosión	67
7.2.3 Beneficios indirectos de la producción de hortalizas.....	68
7.2.4 Beneficios indirectos de la sustitución de agroquímicos por abonos orgánicos	69
7.2.5 Beneficios indirectos de la cosecha de aguas lluvia y del riego por goteo	70
7.3 INCORPORACIÓN DE EXTERNALIDADES EN EL ACB.	71
8. El ACB a nivel agregado.	76
9. CONCLUSIONES	78
10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	83
Anexo 1. COSTO DE LAS MEDIDAS DE ADAPTACIÓN TeSAC CAUCA.	88
Anexo 2. COSTO DE PRODUCCIÓN DE LOS SISTEMAS PRODUCTIVOS TeSAC CAUCA.....	88

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Análisis de sensibilidad. Porcentaje de cambio en variables.	13
Tabla 2. Comportamiento multianual de precipitación en el TeSAC Cauca.....	19
Tabla 3. Descripción de Escenarios	28
Tabla 4. Estimación del flujo de beneficios netos incrementales de la adopción de las Medidas de Adaptación.	31
Tabla 5. Indicadores de rentabilidad económica privada de las medidas de adaptación en TeSAC Cauca, en fincas de café con sombrero. VPN en COP\$.	32
Tabla 6. Indicadores de rentabilidad económica privada de las medidas de adaptación en TeSAC Cauca, en fincas de café sin sombrero. VPN en COP\$.	33
Tabla 7. Indicadores de rentabilidad económica privada de las medidas de adaptación en TeSAC Cauca, en fincas de caña panelera.	39
Tabla 8. Diferencias en ingresos y costos incrementales café y caña panelera en monocultivo.	41
Tabla 9. Indicadores de rentabilidad económica privada de las medidas de adaptación en TeSAC Cauca, en café con sombrero intercalado con caña panelera. VPN en COPS.	44
Tabla 10. Indicadores de rentabilidad económica privada de las medidas de adaptación en TeSAC Cauca, en café sin sombrero intercalado con caña panelera.	45
Tabla 11. Análisis de sensibilidad en el modelo ACB.	50
Tabla 12. Identificación de Externalidades Positivas o Beneficios Indirectos producto de la adopción de Prácticas ASAC en TeSAC Cauca. Medidas para consecución permanente de agua: Ariete Artesanal, Reservorio, Bomba Tipo Camándula, Cosecha de agua en potreros, Micro-aspersión portátil, Cosecha aguas lluvia y Riego por goteo.....	56
Tabla 13. Identificación de Externalidades relacionadas con la adopción de Medidas de Adaptación en TeSAC Cauca: Biofábrica (Elaboración de Abonos Orgánicos)	60
Tabla 14. Identificación de Externalidades relacionadas con la adopción de Prácticas ASAC en el TeSAC Cauca: Huertas Familiares con Captación de Aguas Lluvia, Riego por Goteo y Abonos Orgánicos.....	62
Tabla 15. Identificación de Externalidades relacionadas con la adopción de Medidas de Adaptación en TeSAC Cauca: Franjas Multiestrato.	64
Tabla 16. Reducción de emisiones de CO ₂ equivalente (t)	66
Tabla 17. Reducción de emisiones de CO ₂ equivalente (t)	67
Tabla 18. Reducción de emisiones de CO ₂ equivalente (t)	67
Tabla 19. Estimación de la recuperación de una hectárea afectada por erosión.....	68
Tabla 20. Estimación del beneficio externo por la cosecha de aguas lluvia y optimización del consumo de agua utilizando el riego por goteo.....	71
Tabla 21. Indicadores de rentabilidad económica social con internalización de externalidades.....	72
Tabla 22. Comparación de los indicadores de rentabilidad en los diferentes escenarios, con y sin externalidades.....	73
Tabla 23. Rentabilidad social de fincas con café con sombrero a nivel veredal TeSAC Cauca.....	77
Tabla 24. Rentabilidad social de fincas con café sin sombrero a nivel veredal TeSAC Cauca.	78

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1. Externalidad Negativa.	11
Figura 2. Externalidad Positiva.	12
Figura 3. Componentes de la Metodología ACB	16
Figura 4. Perfil de la Cuenca del Río Cauca	17
Figura 5. Precipitación Mensual Multianual, TeSAC Cauca, Tomado de Ortega, 2015.	19
Figura 6. Árbol de Problemas. Escenario Sin Intervención.	23
Figura 7. Frecuencia de los Sistemas Productivos en fincas TeSAC Cauca.....	25
Figura 8. Edad de los Encuestados TeSAC Cauca.	26
Figura 9. Pertenencia a Asociaciones de los Productores Encuestados TeSAC Cauca.....	26
Figura 10. Frecuencia de las Medidas de Adaptación de familias TeSAC Cauca.....	27
Figura 11. Comparación de Fincas de café con y sin medidas de adaptación	30
Figura 12. VPN de Medidas de Adaptación, TeSAC Cauca, 2016.	32
Figura 13. TIR de Medidas de Adaptación, TeSAC Cauca, 2016.	32
Figura 14. Relación Beneficio - Costo Medidas de Adaptación, TeSAC Cauca, 2016.	33
Figura 15. VPN de Medidas de Adaptación, TeSAC Cauca, 2016.	34
Figura 16. TIR de Medidas de Adaptación, TeSAC Cauca, 2016.	34
Figura 17. Relación Beneficio - Costo Medidas de Adaptación, TeSAC Cauca, 2016.	34
Figura 18. Comparación de Fincas de caña panelera con y sin medidas de adaptación.	38
Figura 19. VPN de Medidas de Adaptación.....	39
Figura 20. TIR de Medidas de Adaptación, TeSAC, Cauca.....	39
Figura 21. Relación Beneficio - Costo, TeSAC Cauca, 2016.	40
Figura 22. Comparación de fincas de café con caña panelera con y sin medidas adaptación.	42
Figura 23. VPN de Medidas de Adaptación, TeSAC Cauca, 2016.	44
Figura 24. TIR de Medidas de Adaptación, TeSAC, Cauca, 2016.....	45
Figura 25. B/C Medidas de Adaptación, TeSAC Cauca, 2016.	45
Figura 26. VPN de Medidas de Adaptación, TeSAC Cauca, 2016.	46
Figura 27. TIR de Medidas de Adaptación, TeSAC, Cauca, 2016.....	46
Figura 28. B/C Medidas de Adaptación, TeSAC Cauca, 2016.	46
Figura 29. Precipitación Mensual Multianual, TeSAC Cauca, Tomado de Ortega, 2015.	52
Figura 30. Franjas Multiestrato	63
Figura 31. Comparación de VPN en Escenarios 1 a 4, con y sin externalidades.	74
Figura 32. Comparación de TIR en Escenarios 1 a 4, con y sin externalidades.	74
Figura 33. Comparación de VPN en Escenario 5, con y sin externalidades.	74
Figura 34. Comparación de TIR en Escenario 5, con y sin externalidades.	75
Figura 35. Comparación de VPN en Escenario 6, con y sin externalidades.	75
Figura 36. Comparación de TIR en Escenario 6, con y sin externalidades.	75

LISTADO DE ACRÓNIMOS

SIGLA	SIGNIFICADO
ACB	Análisis Costo-Beneficio
ASAC	Agricultura Sostenible Adaptada al Clima
CCAFS	Programa de Investigación de CGIAR sobre Cambio Climático, Agricultura y Seguridad Alimentaria
CGIAR	Grupo Consultivo Internacional de Centros de Investigación Agrícola
CEPAL	Comisión Económica para América Latina
CIAT	Centro Internacional de Agricultura Tropical
CH ₄	Gas Metano
CO ₂	Dióxido de Carbono
DNP	Departamento Nacional de Planeación
Ecohabitats	Fundación Ecohabitats
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
FONADE	Fondo Financiero de Proyectos de Desarrollo.
GEI	Gases Efecto de Invernadero
IDEAM	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales
PRI	Período de recuperación de la inversión
RB/C	Relación Beneficio-Costo
TeSAC	Territorio Sostenible Adaptado al Clima
TIR	Tasa interna de retorno
VEE	Valor de los Efectos Externos
VPN	Valor Presente Neto

INTRODUCCIÓN

El Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), lidera el Programa de Investigación del CGIAR en Cambio Climático, Agricultura y Seguridad Alimentaria (CCAFS por sus siglas en inglés), ha venido enfocando esfuerzos para priorizar Inversiones en Prácticas de Agricultura Sostenible Adaptada al Clima (ASAC) y desarrollar portafolios de inversión en varias regiones del mundo y actualmente desarrolla un trabajo mancomunado con la Fundación Ecohabitats y las Juntas de Acción Comunal, en la Cuenca del Río Palacé, en veredas del Noroccidente de Popayán, en el departamento del Cauca, Colombia, denominado TeSAC Cauca, que significa Territorio Sostenible Adaptado al Clima.

Los Territorios Sostenibles Adaptados al Clima (TeSAC) son una estrategia donde se vinculan diferentes actores (agricultores, investigadores, gobierno, sector privado, sociedad civil) en un territorio donde se implementan medidas de adaptación y mitigación que buscan promover una agricultura sostenible y mejorar los medios de vida de la población rural en un contexto de variabilidad y cambio climático (Presentación Loboguerrero A, CCAFS, Ecohabitats, 2016).

La Agricultura Sostenible Adaptada al Clima (ASAC) es una estrategia metodológica que hace frente al cambio climático para el logro de la seguridad alimentaria, a través de tres pilares fundamentales, 1) el incremento de manera sostenible de la productividad agrícola, 2) la adaptación y fortalecimiento de la resiliencia de los eco-sistemas productivos y 3) la mitigación que pretende reducir las emisiones de Gases Efecto de Invernadero (GEI).

Los factores de mayor riesgo para la seguridad alimentaria y directamente para los sistemas productivos y el ecosistema de la cuenca del Río Palacé son, la sequía, los vientos y el invierno, con ponderaciones dadas por la comunidad de 50%, 30% y 20% respectivamente, según el análisis de sensibilidad en el TeSAC Cauca, elaborado por Ortega (2015).

Para contribuir al abordaje de los retos que el clima está imponiendo a la población campesina, CCAFS con el apoyo estratégico de CIAT y la Fundación Ecohabitats inició la implementación del enfoque TeSAC (Territorio Sostenible Adaptado al Clima), en 14 veredas del noroccidente de Popayán, que representan el 59% del área de la subcuenca del Río Palacé (Ortega, 2015), en donde habitan aproximadamente 500 familias, en un trabajo piloto en donde se han vinculado entre 2015 y 2016 aproximadamente 80 familias, con la implementación de los planes prediales de adaptación y el seguimiento a las medidas de adaptación, mitigación y de seguridad alimentaria priorizadas a través de la plataforma de innovación

La dinámica colectiva que genera el programa de adaptación al cambio climático en el TeSAC Cauca, puede ser calificado como una plataforma de innovación, donde redes de actores se juntan para alcanzar un objetivo común y facilitar los cambios necesarios para innovar. En este caso CCAFS, Ecohabitats, JAC, unen sus esfuerzos para identificar problemas y a su vez buscar soluciones conjuntas adaptadas a las condiciones locales del territorio, permitiéndoles optimizar su capacidad de análisis sobre los efectos del cambio climático y a su vez buscando por sí mismos nuevas soluciones ya sean técnicas, institucionales, organizativas y otras (Osorio A.M. *et al.*, 2015).

El presente estudio de Análisis Costo – Beneficio de las medidas implementadas en el TeSAC Cauca, hace parte del Marco de Priorización de la Agricultura Sostenible

Adaptada al Clima (ASAC), que se compone de cuatro (4) fases, 1) identificación de prácticas ASAC (medidas de adaptación), 2) priorización de las mismas, 3) análisis costo-beneficio y 4) conformación de portafolios de inversión de prácticas ASAC. En la tercera fase, análisis costo – beneficio, no solo se realiza la evaluación económica privada de las medidas de adaptación, sino también la evaluación económica social, teniendo en cuenta las externalidades, que se generan en el proceso de adopción de dichas prácticas ASAC. Las medidas implementadas por la comunidad del TeSAC Cauca hacen parte de un proceso participativo teniendo siempre presente el conocimiento local de sus agricultores y el conocimiento científico aportado por CIAT-CCAFS.

1. Objetivo General

Elaborar el Análisis Costo – Beneficio (ACB), dentro del Marco de Priorización, para la identificación de Portafolios de Inversión de Prácticas ASAC a nivel local, en el TeSAC Cauca, en el Noroccidente del Municipio de Popayán, Departamento del Cauca.

2. Objetivos Específicos

1. Estimar la rentabilidad económica que genera la adopción de las Prácticas ASAC en los sistemas productivos del TeSAC Cauca, municipio de Popayán, departamento del Cauca.
2. Valorar las externalidades (Efectos Externos) que generan la adopción de las Prácticas ASAC e incorporarlas en el ACB.
3. Realizar el análisis de sensibilidad de los resultados del análisis costo-beneficio.
4. Elaborar un documento preliminar para su publicación sobre la metodología y los resultados del ACB.

3. Metodología

A continuación se presenta la propuesta metodológica, que permite ordenar los procedimientos a seguir, la identificación de escenarios, instrumentos a utilizar y la información necesaria para el logro de los objetivos del análisis costo – beneficio (ACB).

3.1 Componentes de la Metodología

El ACB requiere tener en cuenta los costos y beneficios incrementales generados por la adopción de las prácticas ASAC, para lo cual se requiere contar con una línea base (escenario sin intervención) para ser confrontada con un escenario con intervención. En ambos escenarios se identifican las consecuencias de la adopción tecnológica involucrada en las medidas de adaptación de los productores para enfrentar la variabilidad climática y el cambio climático. Los componentes de la metodología general (Sain *et al.*, 2015), se detallan a continuación:

3.1.1 Evaluación del escenario sin intervención.

Se realiza un análisis de la situación económica y ambiental de los sistemas productivos y de las consecuencias del manejo de dichos sistemas productivos sobre los recursos

naturales, antes de la introducción y adopción de las prácticas ASAC. En este escenario se identifican los sistemas productivos predominantes en la zona de estudio, al igual que sus prácticas tradicionales y se realiza una identificación de la problemática central del territorio, con sus causas y consecuencias económicas, ambientales y sociales. Se establecen indicadores de rendimientos, ingresos, costos, y se identifican los problemas de contaminación de los recursos naturales en un escenario sin intervención (Sain *et al.*, 2015).

3.1.2 Evaluación del escenario con intervención.

En este escenario se contempla la introducción y adopción las prácticas ASAC por parte de los productores. Se hace mención a los esfuerzos que se realizan por parte de las Instituciones (CCFAS, CIAT, Ecohabitats, JAC) con sus planes de trabajo y proyecciones. Se parte de la identificación de las prácticas ASAC y se realiza una evaluación de las consecuencias económicas, y ambientales, que se generan en el tiempo, sobre la actividad económica y social de las familias, al igual sobre el medio ambiente y sus recursos naturales, debido a la instalación y mantenimiento de las mismas. Se establecen indicadores de rendimientos, ingresos, costos de los sistemas productivos predominantes y de los costos de instalación y mantenimiento de las prácticas ASAC, de acuerdo al ciclo de vida de las prácticas ASAC o Medidas de Adaptación. En este estudio, los dos términos se usan indistintamente.

3.1.3 Estimación del flujo de beneficios netos.

Para estimar los beneficios netos es necesario aprovechar la información de costos e ingresos de los dos escenarios planteados en los numerales anteriores, con el fin de estimar el flujo de beneficios netos de cada escenario y estimar el diferencial del flujo de beneficios netos que genera la adopción de las prácticas ASAC, sobre los sistemas productivos predominantes en el TeSAC.

3.1.4 Estimación de los indicadores de rentabilidad de las prácticas ASAC.

Generalmente en este tipo de análisis costo-beneficio, se utilizan los indicadores de Valor Presente Neto (VPN), Tasa Interna de Retorno (TIR), Relación Beneficio-Costo (B/C) y Período de Recuperación de la Inversión (PRI)¹

3.1.5 Valoración económica de las externalidades.

En esta fase del ACB es necesario, primero, identificar las externalidades², segundo cuantificarlas y tercero valorarlas. Se deben valorar los beneficios y costos generados por dichas externalidades. Es necesario evaluar no solo los efectos “económicos” sino también los efectos “ambientales y sociales”, que generan las prácticas ASAC en su

¹ Existen varias referencias sobre evaluación financiera y económica de proyectos, aquí citamos una de ellas, en donde se explica ampliamente el significado de los indicadores de rentabilidad económica, aquí utilizados en el ACB, como es Miranda, J. J. “La Evaluación Financiera, en Gestión de Proyectos, Capítulo 9.

² Externalidad es un costo o beneficio que recae sobre personas ajenas de manera indirecta (sociedad o medio ambiente), a consecuencia de una actividad económica. Existe la externalidad, cuando la producción o consumo de un bien o servicio, afecta el bienestar de terceros que no participan en su compra, venta o consumo.

implementación, para lo cual se requiere valorizar los costos y/o beneficios externos o indirectos de las medidas de adaptación e internalizar sus efectos en el sistema de producción del agricultor.

Es necesario plantear las siguientes preguntas:

- Para la identificación: ¿Cómo se identifica la externalidad o efecto indirecto, que genera una actividad como la introducción de una medida de adaptación, sobre los recursos naturales (suelo, agua, aire, biodiversidad), sobre la salud de humanos y animales y sobre el conocimiento de los productores?.
- Para la cuantificación: ¿De qué magnitud o proporción es la externalidad?, en términos del número de hectáreas afectadas, del número de fuentes de agua afectadas, de la cantidad de emisiones o captura de Gases de Efecto Invernadero (GEI), entre otras.
- Para la valoración: ¿A qué precio se valoran los costos o beneficios de la externalidad?

Identificación de externalidades.

El primer paso es identificar la externalidad que se genera a partir de la introducción y adopción de las prácticas ASAC.

Por ejemplo, la práctica de labranza mínima o cero, tiene un efecto directo sobre los costos de producción, (Baker *et al.*, 2008), pero también genera un efecto externo o indirecto sobre el recurso suelo, por reducción en la emisión de GEI, por efecto de la supresión en el movimiento del suelo y descomposición de la materia orgánica, por el ahorro de combustible de tractores y equipos de labranza, por el menor número de aplicaciones de fertilizantes y/o otros efectos indirectos, que no se buscaban con la labranza mínima o cero. Dicha externalidad una vez identificada es necesario cuantificarla y valorar sus costos y beneficios.

Valoración de externalidades

La valoración de los costos y beneficios de las externalidades es necesario estimar el valor de los efectos externos. Para estimar el Valor de los Efectos Externos (VEE), se aplica la siguiente fórmula (Sain *et al.*, 2015):

$$VEE = P_0 * \Delta S$$

VEE es el valor de los efectos externos o externalidades.

P₀ es el precio sombra³ que expresa la contribución marginal del efecto externo al bienestar social expresado en unidades monetarias.

³ Precio sombra, o precio social, o precio cuenta, es el precio de referencia que tendría un bien en condiciones de competencia perfecta, incluyendo los costos sociales además de los privados. Representa el costo oportunidad de producir o consumir un bien o servicio.

ΔS es el cambio en la externalidad como consecuencia de la introducción de la práctica.

Una vez valorizados los costos o beneficios de las externalidades, según los métodos que se abordarán más adelante, se procede a incorporar el valor de los beneficios o costos externos en el flujo de los beneficios netos privados y calcular de nuevo los indicadores de rentabilidad que ahora son económicos y no indicadores de rentabilidad financiera (e.j. VPN, TIR).

“La rentabilidad económica trasciende la rentabilidad financiera precisamente porque incluye los efectos externos (externalidades) que la presencia de un recurso genera sobre los agentes económicos distintos de su propietario y/o usuario. En un nivel (rentabilidad financiera), se analiza la repercusión de cada decisión sobre un individuo concreto; en el otro (rentabilidad económica), sobre la sociedad en su conjunto” (Delacámara, 2008).

Cuando existe una **externalidad negativa**, caso de la contaminación a los recursos naturales, el costo social es mayor que el costo privado y su diferencia es el costo externo, en este caso la cantidad de equilibrio del mercado disminuye como consecuencia de la externalidad negativa y el precio es mayor que el precio de mercado. La contaminación de suelos, agua y aire puede disminuir la oferta de alimentos producidos, elevando los precios de los mismos. En este caso el costo social es mayor que el costo privado. La diferencia está representada por la externalidad negativa (Figura 1).

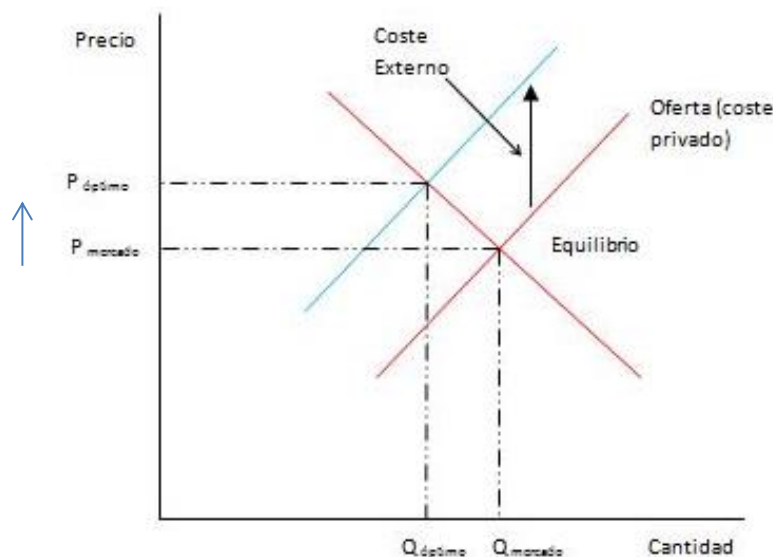


Figura 1. Externalidad Negativa.

Cuando existe una **externalidad positiva** el beneficio social es mayor que el beneficio privado y su diferencia es el beneficio externo, en este caso la cantidad de equilibrio del mercado aumenta como consecuencia de la externalidad positiva y el precio es mayor que el precio de mercado (Figura 2).

En el caso de la educación que genera capacidades en los individuos, para generar innovaciones tecnológicas que favorecen a un tercero; en este caso se genera un beneficio social al permitir que la sociedad pueda disfrutar de mayores bienes y servicios.

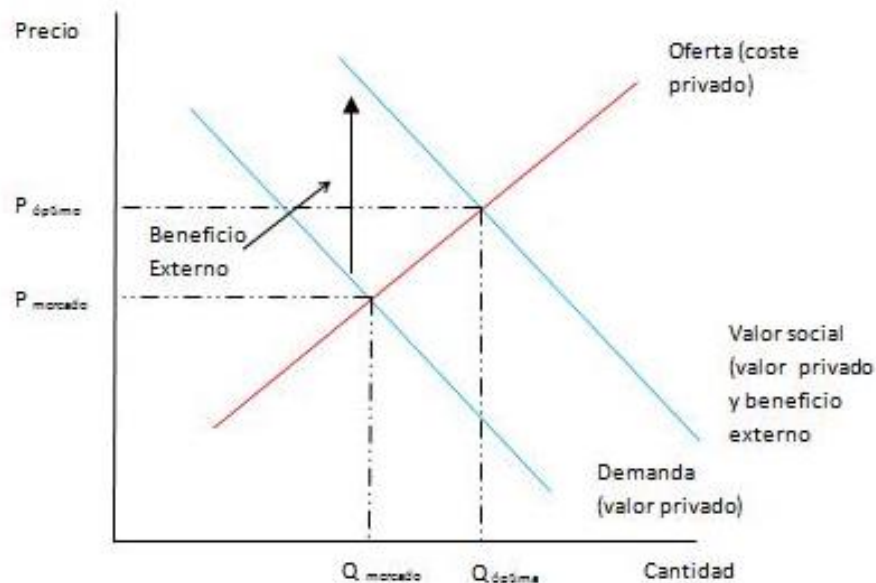


Figura 2. Externalidad Positiva.

Métodos para valorizar las externalidades⁴

🚦 Método del mercado convencional:

Dosis – Respuesta: estimar la relación física entre la dosis de la externalidad y la respuesta en producción. Un cambio en la contaminación del aire en los centros urbanos genera impactos en la salud (casos de asma, bronquitis, etc.).

Costo de reposición: estima el costo de reparar o reponer el daño provocado por la externalidad y tomar este costo como la valoración económica del deterioro ambiental.

🚦 Métodos de la función de producción:

Costo de viaje: Estima el costo de viajar para disfrutar de la externalidad positiva (paisaje natural). Este método ha sido utilizado ampliamente en varios países para valorar los bienes y servicios recreativos.

Gastos en sustitutos: Estima los gastos en sustitutos por el cambio provocado por la externalidad.

🚦 Métodos de los Precios hedónicos

Precios hedónicos: Estima los precios implícitos en los atributos de la externalidad que son valorados en el mercado. Este método persigue identificar

⁴ Tomado de la tabla 5, página. 23, (Sain, G., CIAT, 2015). Metodología para la Evaluación de la Rentabilidad de introducir Tecnologías ASAC en el Sistema de Producción Agropecuario.

aquellos atributos o características ambientales de un activo que conforman su precio de mercado. Se ha utilizado para estimar la diferencia de precios entre viviendas en ambientes más sanos en relación con otras de ambientes menos sanos (calidad del aire, ruidos, zonas verdes)

Premio salarial por riesgo: Estima el valor del premio a pagar por compensación por riesgos laborales en tareas peligrosas para la salud.

Métodos experimentales

Valoración contingente: Estima las preferencias y disposición a pagar o a ser compensado por la externalidad. Este es un método directo en caso en que no existe información de otros mercados.

Ranking: Estima el orden de las preferencias por diferentes niveles de la externalidad.

3.1.6 Análisis de sensibilidad.

El ACB incluye un ejercicio de sensibilidad en donde se prueban diferentes alternativas respecto a cambios que se puedan dar en el entorno económico, que pueden afectar las diferentes variables, como son, los costos de los sistemas productivos, los precios de los productos generados en las fincas, los rendimientos de los sistemas productivos o cualquier otra variable que pueda ser afectada por los riesgos que se presentan en el entorno económico, social y ambiental. El análisis de sensibilidad requiere el planteamiento de unos supuestos razonables en el cambio de dichas variables, para tener unos niveles altos de confiabilidad en el análisis del ACB.

Para el análisis de sensibilidad se utiliza la metodología de Novelo (1994), que plantea “se considerarán como muy sensibles aquellos proyectos en que se alcance el punto de equilibrio con una variación menor al 5% en cualquier parámetro; sensibles los proyectos en que la variación se sitúe entre el 5% y menor al 10%; moderadamente sensibles aquellos proyectos en que el punto de equilibrio se alcance con variaciones del 10% al 15% en los parámetros”.

Tabla 1. Análisis de sensibilidad. Porcentaje de cambio en variables.

Punto de equilibrio – Variaciones -	Sensibilidad
< 5%	Muy Sensible
5% - <10%	Sensible
10% - 15%	Moderadamente Sensible

Tomado de Novelo (1994), Criterios Técnicos en la Evaluación de Proyectos.

Generalmente en los proyectos agropecuarios las variables más utilizadas en el análisis de sensibilidad, son los precios de venta de los productos, los costos de producción y los rendimientos de los cultivos o en los proyectos pecuarios los rendimientos en carne, leche u otros.

El análisis de sensibilidad indica que si se disminuye el precio del café o de la caña panelera en un porcentaje menor al 5% y se alcanza el punto de equilibrio, o sea el punto donde no hay ganancias, el proyecto se considera muy sensible a esta variable. Igual

sucedería, si se aumentan los costos de producción en menos de un 5%, o si se disminuyen los rendimientos en menos de un 5%.

3.1.7 Estimación del impacto agregado de las prácticas ASAC.

La evaluación económica de las prácticas ASAC, se ha realizado a nivel de finca o predio típico de la cuenca o región, sin embargo, es necesario ampliar su impacto económico a nivel de todas las fincas que han adoptado la nueva tecnología. También es posible proyectar su impacto en el tiempo de acuerdo a los programas de cobertura de la intervención previstos por las instituciones acompañantes, para el territorio objeto del proyecto (Figura 3).

3.2 Alcance del Análisis Costo-Beneficio

El ACB puede ser elaborado a nivel de finca o a nivel agregado, pero es necesario definir siempre su alcance, espacial y temporal (Sain *et al*, 2015).

El alcance espacial se refiere a la definición de la unidad de análisis, ya sea a nivel de un espacio determinado de la finca, por ejemplo el impacto de una práctica ASAC sobre una extensión determinada de la finca, por ejemplo una hectárea de un cultivo, o también la unidad de análisis puede ser la finca en toda su extensión, teniendo en cuenta todas las actividades agropecuarias, incluyendo cultivos, bosques, actividades pecuarias, pesca, colmenas, etc.

El alcance temporal se refiere a la longitud de tiempo de la vida útil de las prácticas ASAC, distinguiendo si es un análisis ex ante o ex post, es decir si se evalúa el efecto de las prácticas ex ante, estimando sus posibles impactos a futuro o si se está evaluando el resultado obtenido ex post, de unas prácticas que han sido implementadas hace ya algún tiempo.

Es necesario tener en cuenta que para el ACB se requiere que las variables que involucren el establecimiento y operación de todas las prácticas en ejecución deben ajustarse al mismo horizonte de tiempo, con el fin de poder estimar el impacto de dichas prácticas sobre los costos y beneficios incrementales de los sistemas productivos. Si las prácticas tienen ciclos de vida diferentes a un año, sus costos y beneficios deben ser anualizados, para realizar una evaluación adecuada de portafolios de inversión que involucren varias prácticas, con diferentes ciclos de vida.

3.3 Fuentes de información.

3.3.1 Indicadores de rentabilidad de las prácticas ASAC.

Para estimar los indicadores de rentabilidad privada, de Valor Presente Neto (VPN), Tasa Interna de Retorno (TIR), Relación Beneficio-Costo (B/C) y Período de Recuperación de la Inversión (PRI), es necesario contar con información de costos, ingresos, tanto de los sistemas productivos que se manejan en el TeSAC como de las prácticas ASAC introducidas y adoptadas por los productores.

En relación a los costos de los sistemas productivos se requiere información primaria acerca de los costos de producción tanto para la etapa de establecimiento como para la

fase de sostenimiento, en términos de mano de obra empleada en la preparación del terreno, siembra, recolección, así como de los insumos utilizados (semillas, fertilizantes, herbicidas, plaguicidas, agua, empaques, energía, transporte y otros), así como costos en herramientas y equipos, administración, asistencia técnica, arrendamiento, intereses y otros costos indirectos). Anexo 1.

Con respecto a los costos de las prácticas o medidas de adaptación, se descomponen en costos de establecimiento o instalación y costos de mantenimiento, en términos de mano de obra, insumos, servicios de transporte, capacitación y herramientas y equipos. Anexo 2.

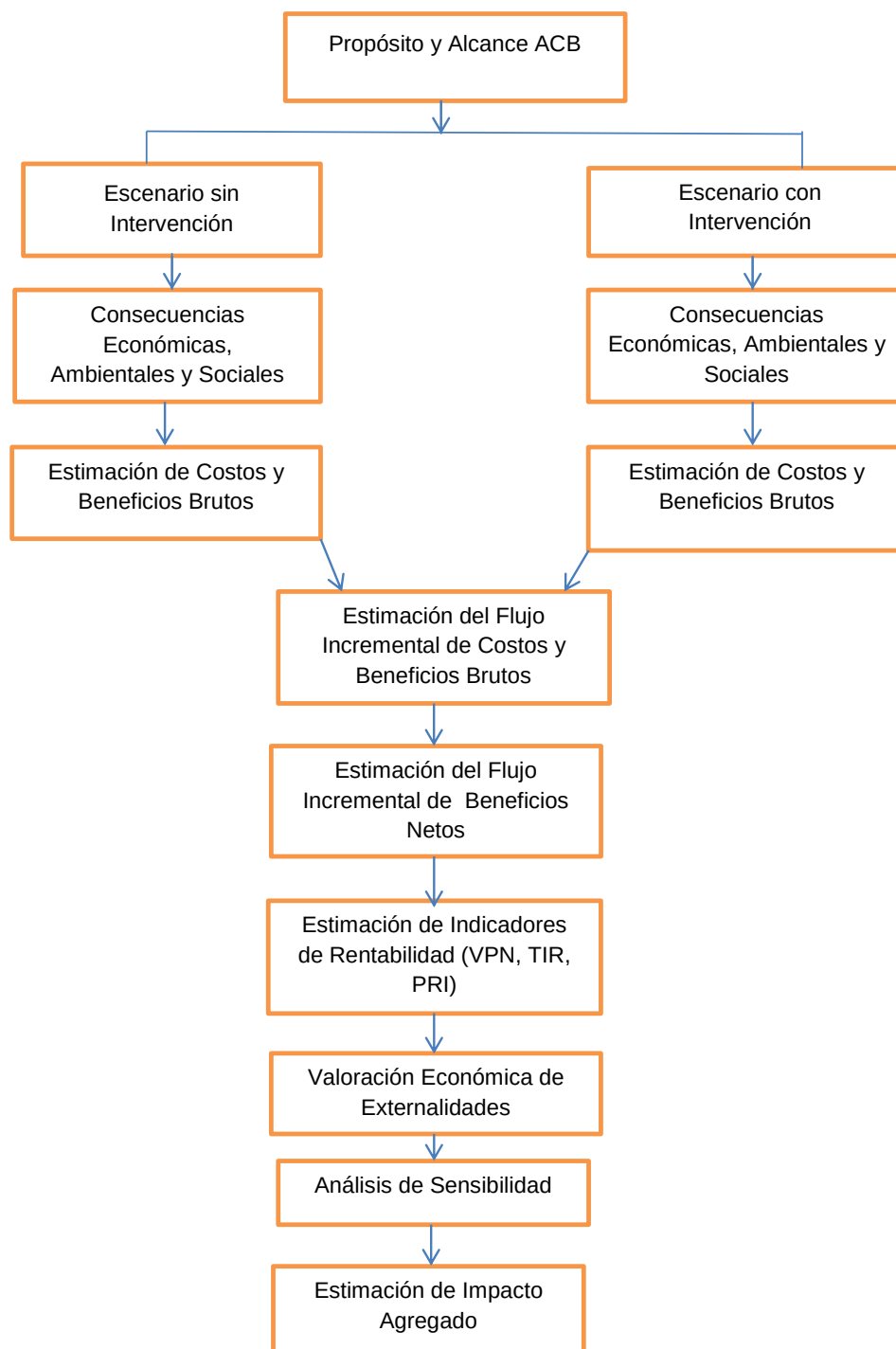
En cuanto a los ingresos generados por la actividad agropecuaria, se requiere conocer los rendimientos de los sistemas productivos y los precios a los cuales el productor vende sus productos agropecuarios.

En la información de costos e ingresos de los sistemas productivos y de las prácticas ASAC, se requiere información primaria que se obtendrá a través de encuestas a productores y a actores claves del entorno institucional que estén apoyando los programas de prácticas sostenibles para enfrentar el cambio climático, como es el caso de la Fundación Ecohabitats que cuenta con el apoyo del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) que lidera el programa de investigación del CGIAR Cambio Climático, Agricultura y Seguridad Alimentaria (CCAFS por su siglas en inglés).

3.3.2 Valoración de externalidades y del impacto agregado de las prácticas ASAC

Para valorar las externalidades que se generan por el uso de las prácticas ASAC, es necesario buscar información de fuentes secundarias con base en pruebas experimentales desarrolladas en otras regiones del país o en otros países.

La información referente a población, problemas económicos, sociales y ambientales de las cuencas es necesario revisar los planes de manejo ambiental, planes de desarrollo departamental y municipal y las experiencias obtenidas por las instituciones que trabajan con las comunidades en temas ambientales.



Fuente: Elaboración Propia, CIAT, CCAFS, 2016.

Figura 3. Componentes de la Metodología ACB

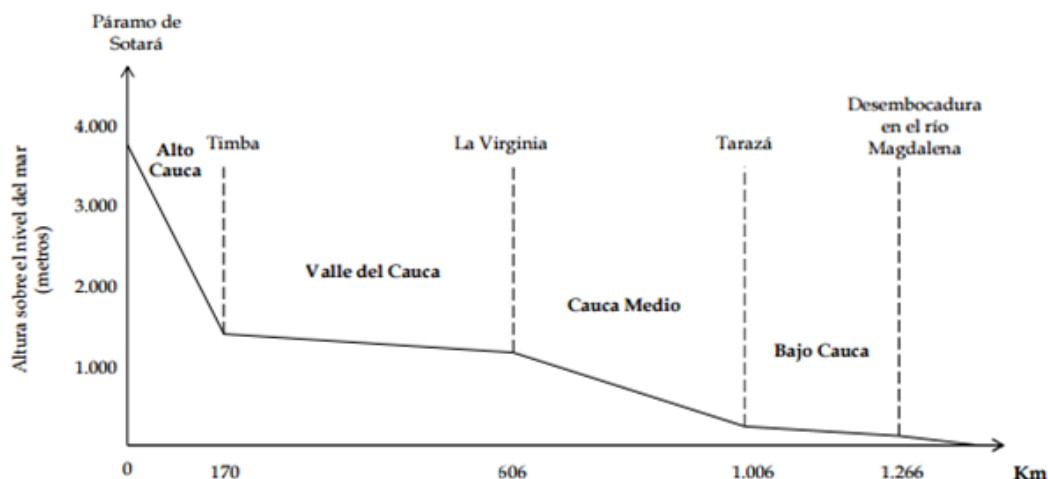
4. CONTEXTO GEOGRÁFICO DEL TESAC CAUCA

El Territorio Sostenible y Adaptado al Clima (TeSAC) Cauca se ubica en la sub-cuenca del Río Palacé, cuenca alta del Río Cauca, con una extensión de 17.336 hectáreas, en donde se ubican los municipios de Popayán, Cajibío, Totoró y Silvia.

La Cuenca del Río Cauca tiene una longitud de 1.180 Km y se caracteriza por tres tramos, en función de sus rangos de altura sobre el nivel del mar, la Cuenca Alta, Cuenca Media y Cuenca Baja del río Cauca.

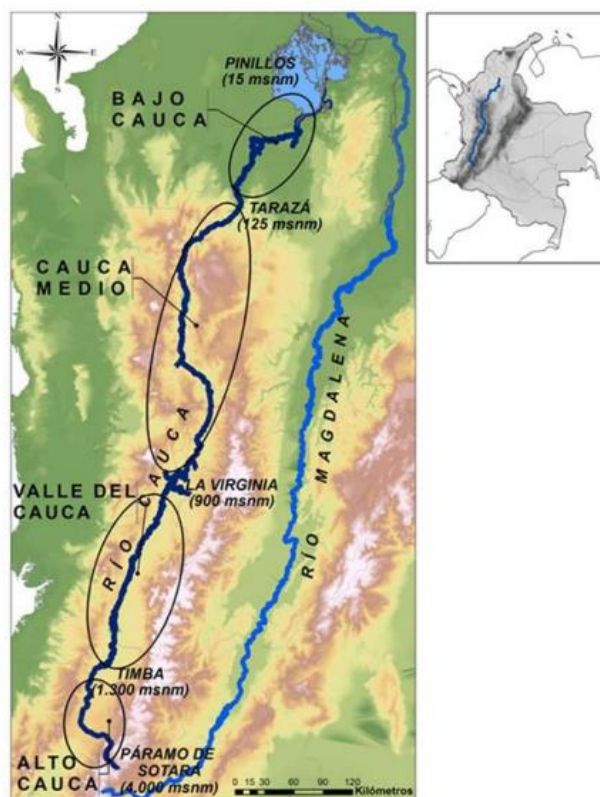
La Cuenca Alta del Río Cauca atraviesa los departamentos de Cauca, Valle, Risaralda y Quindío, desde su nacimiento, en el páramo de Sotaró hasta la Virginia (Risaralda), con un recorrido de 530 Km. La cuenca alta del Río Cauca tiene un área aproximada en Colombia de 22.900 Km². El Medio Cauca se extiende desde la Virginia hasta Caucasia Antioquia con un recorrido de 470 Km. El Bajo Cauca se extiende desde Puerto Valdivia (Antioquia) hasta el brazo de Loba del Río Magdalena en una longitud de 180 Km, pasando por Sucre y Bolívar (Corporación del Río Grande de la Magdalena) (Figura 4 y Mapa 1).

En la subcuenca del Río Palacé, que pertenece a la Cuenca Alta del Río Cauca, se ubican las veredas que conforman el TeSAC Cauca, municipio de Popayán, en un rango altitudinal de 1.550 a 1.700 m.s.n.m, cubriendo una extensión de 10.295 hectáreas en 14 veredas, que representan el 59% del área de la subcuenca del río Palacé (Ortega, 2015).



Fuente: Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca - CVC (2008).

Figura 4. Perfil de la Cuenca del Río Cauca



Mapa 1. Localización Geográfica del Río Cauca.

Fuente: Tomado del Banco de la República, 2015, Río Cauca.

4.1 CARACTERÍSTICAS SOCIALES Y BIOFÍSICAS DEL TeSAC CAUCA

En el TeSAC Cauca, según la Fundación Ecohabitats, 2015, el 89% de la población se reconoce como campesina mestiza y el 11% como afro o indígena. Su nivel educativo es limitado, pues al menos algún miembro del hogar ha terminado primaria (37%) y secundaria (47%). El 26% de los hogares accede a predios menores a 1 ha, el 61% de los mismos a predios entre 1 y 5 ha, y el 12% a predios mayores a 5 hectáreas (Ortega, 2015).

La cobertura y uso del suelo en el departamento del Cauca, según CRC, 2010, se caracteriza así: un 73% representada en bosques (40%), 19% en pastos y 14% en vegetación secundaria. El 27% restante está cubierto por áreas agrícolas heterogéneas, cultivos (transitorios, permanentes y semipermanentes) bosques plantados, lagunas, glaciares, áreas urbanas, aguas continentales naturales y artificiales, herbazales y otros.

La cobertura y uso del suelo del TeSAC, es similar al encontrado en el departamento del Cauca, en cuanto a bosques, pastos y rastrojos así: bosques secundarios con rastrojo, pastos y rastrojos bajos y bosques (rastrojo alto), ocupan cerca del 76% del territorio, mientras en el departamento del Cauca es del 73%.

El 24% restante de la cobertura y uso del suelo del TeSAC, se reparte en un 16% en los cultivos de café (12.7%), caña (2%) y otros cultivos (1.3%) y el 8% se compone de vías y

caminos, lagos, viviendas, ríos, guaduales, arbustales, invernaderos e infraestructura (Ortega, 2015).

En cuanto a la caracterización climática, el TeSAC Cauca, se ubica en la Meseta de Popayán, en terrenos con pendientes entre 12% y 25%. El Territorio presenta una temperatura que oscila entre 15 a 25°C, una precipitación entre 2.300 a 3.000 mm al año. Se caracteriza por tener un periodo lluvioso entre octubre y mayo, con precipitación promedio mes de 228 mm y una época seca, con bajos volúmenes de lluvia entre los meses de junio y septiembre, con precipitación promedio mes de 89,5 mm (Ortega, 2015) (Figura 5. Precipitación Mensual Multianual, TeSAC Cauca, Tomado de Ortega, 2015).

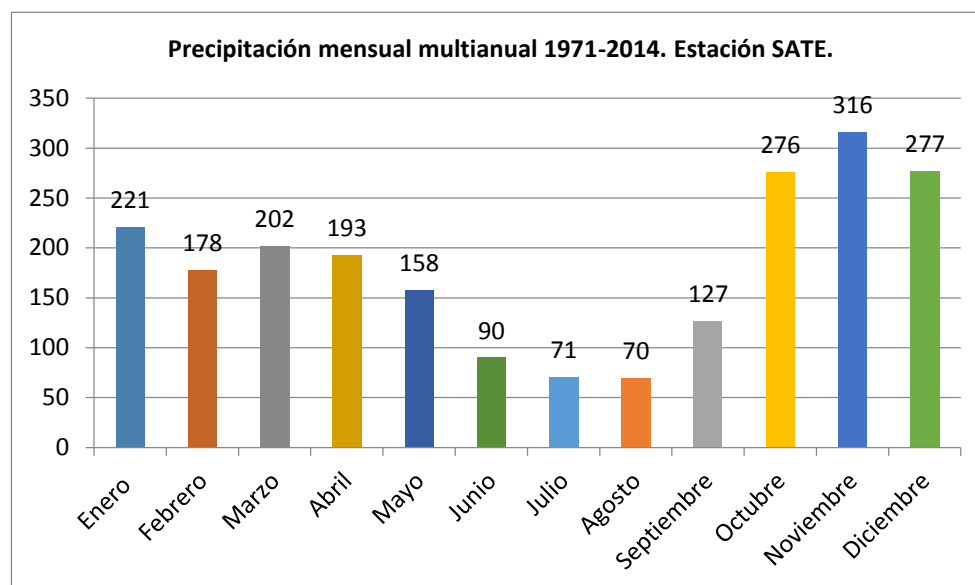
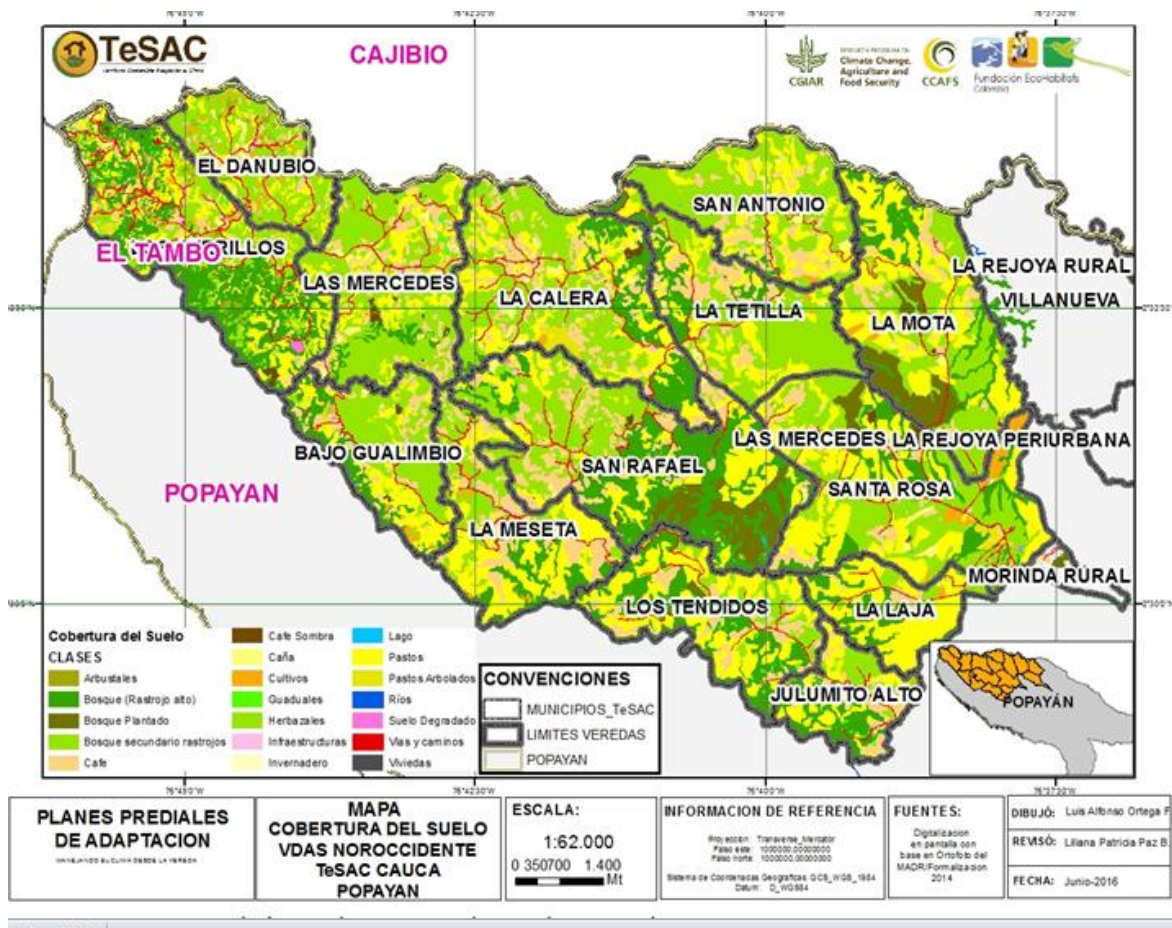


Figura 5. Precipitación Mensual Multianual, TeSAC Cauca, Tomado de Ortega, 2015.

Tabla 2. Comportamiento multianual de precipitación en el TeSAC Cauca.

EST. SATE	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
MENSUAL	221	178	202	193	158	90	71	70	127	276	316	277
DIAS AL MES	16	14	16	16	15	10	7	7	11	18	21	19
EST. PIEDRA NEGRA	356	434	260	187	252	120	9	54	140	242	497	461

Fuente: Ortega, 2015



Mapa 2. Mapa de cobertura y uso del suelo TeSAC Cauca
Fuente: Fundación Ecohabitats, 2015.

4.2 IDENTIFICACIÓN DE LOS PROBLEMAS DE LA CUENCA ALTA DEL RÍO CAUCA.

El Río Cauca en su recorrido por el Departamento del Cauca, antes de entrar al Departamento del Valle, recibe las descargas de aguas residuales de los centros poblados, y de los parques industriales ubicados en los municipios de Caloto y de Santander de Quilichao y de otras actividades que se realizan en el norte del Departamento como la industria azucarera, papelería y el sector pecuario (DNP, 2009).

A esta situación de contaminación de la cuenca alta del río Cauca, se adicionan otros problemas como son, la explotación minera, el uso y manejo inadecuado de los suelos de las laderas y de la franja protectora de las fuentes superficiales, la alteración del sistema de humedales, la mala disposición de residuos sólidos, los procesos de infiltración, la contaminación de fuentes hídricas por los químicos utilizados en el procesamiento de cultivos lícitos e ilícitos. (DNP, 2009).

En resumen, la problemática ambiental identificada en el departamento del Cauca, que hace parte de la cuenca alta del río Cauca, es amplia y compleja y está asociada a procesos de degradación de los suelos y a la contaminación de aguas superficiales y subterráneas debido a los siguientes factores (DNP, 2009):

- ✚ Deforestación de las cuencas y pérdida de cobertura vegetal en las franjas protectoras
- ✚ Manejo inadecuado de los suelos de ladera
- ✚ Técnicas agropecuarias inadecuadas
- ✚ Manejo inadecuado de la franja protectora de las fuentes superficiales
- ✚ Vertimientos industriales y domésticos
- ✚ Extracción de materiales de arrastre
- ✚ Alteración del sistema de humedales
- ✚ Explotación minera
- ✚ Químicos utilizados en el procesamiento de cultivos lícitos e ilícitos
- ✚ Mataderos municipales
- ✚ Mala disposición de residuos sólidos
- ✚ Procesos de infiltración

4.3 IDENTIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS PRODUCTIVOS Y SUS PRÁCTICAS.

Los cultivos predominantes en el TeSAC Cauca son el café con sombrero, café a plena exposición solar, y café con sombrero y caña panelera en la misma finca (sistema intercalado).

En el estudio de Caracterización de Sistemas Productivos elaborado por la Fundación Ecohabitats, en 12 veredas del TeSAC Cauca, se señala que este territorio ha tenido una tradición cafetera y se encontró que el café es un cultivo predominante, ya sea en modalidad sombrero en asocio con frutales o maderables o también café en monocultivo a plena exposición solar (Alejo, 2015).

El café con sombrero se siembra en asocio con frutales (cítricos, aguacate, guamo), plátano y maderables. En predios con tamaño promedio de 1.2 ha/hogar, se siembra la mitad del área en café con sombrero. El sistema productivo cuenta con la infraestructura de procesamiento y beneficio del café (despulpadora, tanque de fermentación en cemento o plástico y área de secado. La variedad más sembrada es Castillo (85% de los predios) y en mucha menor proporción (15%) una mezcla de variedad Castillo y variedad Colombia y Caturra por su resistencia a plagas y enfermedades. La densidad de siembra es de 4.000 a 5.700 plantas/ha (Ortega, 2015).

En este estudio se encontró que en 13 predios de café con sombrero, el 62% o sea 8 predios cuentan con nacimientos de agua, 1 con aljibe y 1 con quebrada. Estos predios tienen una ventaja muy grande para las épocas de verano prolongadas e intensas como las del año 2015. Tres predios no tenían fuentes de agua y enfrentan serias dificultades en la época de sequía (Alejo, 2015, p. 32).

El café con sombrero y caña panelera se siembran en el mismo predio, en iguales proporciones, con áreas promedio de 1.12 ha/familia. Las áreas de siembra de café oscilan entre 0.2 y 1.5 ha y las de caña panelera entre 0.25 y 1.5 ha. La densidad de siembra de café es de 4.000 a 5.000 árboles/ha (Ortega, 2015).

En las fincas del sistema productivo de café con sombrero y caña panelera, no se identificaron serios problemas de disponibilidad de agua, pues de 8 predios encuestados, el 50% tienen quebrada, el 25% poseen su propio nacimiento de agua, un predio tiene río cercano y uno tiene su aljibe (Alejo, 2015. p. 60).

El café a exposición solar se siembra en áreas que oscilan entre 0.2 y 1.5 ha, en predios cuya área promedio es de 2.1 ha, con mayor densidad de siembra de 4.500 a 6.000 árboles/ha (Ortega, 2015).

En fincas de café sin sombrero la caracterización de los predios identificó tres predios que dependen 100% de aguas lluvia para la producción agropecuaria y en el verano son muy sensibles a la variabilidad climática (Alejo, 2015, p. 85).

A continuación se ilustran las causas y efectos que tiene la problemática central cual es degradación de suelos y la contaminación de aguas de la Cuenca Alta del Río Cauca, Subcuenca Río Palacé, TeSAC, Cauca, mediante una representación de los problemas ambientales allí identificados, antes de la introducción y adaptación de prácticas sostenibles para enfrentar el cambio climático (Figura 6).

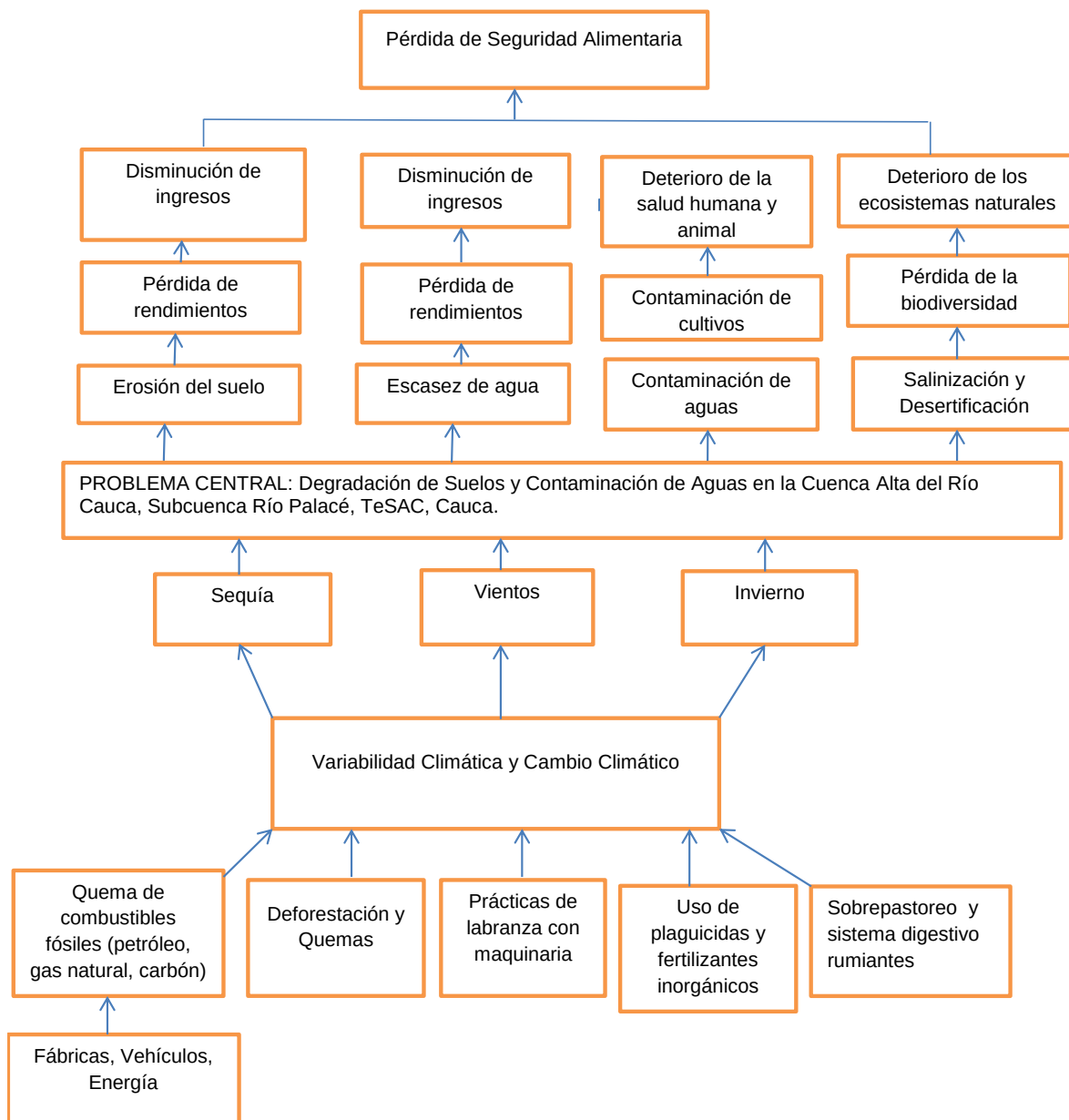


Figura 6. Árbol de Problemas. Escenario Sin Intervención.

5. RESULTADOS ANÁLISIS COSTO – BENEFICIO

Para adelantar el análisis costo – beneficio, es necesario contar con información de costos de los sistemas productivos predominantes en la zona, en este caso café con sombrero, café sin sombrero y caña panelera, además de los costos de las medidas de adaptación. Para ello, se realizaron encuestas a productores de estos arreglos productivos y se identificaron algunas características socioeconómicas de los productores, que a continuación se explican.

5.1 Características socioeconómicas de los productores.

Los resultados de las encuestas⁵ indican que la mayoría de las 14 familias encuestadas, más de un 80% tienen en sus predios cultivos de café, en diferentes arreglos, predominando el café con sombrero en monocultivo en un 35% de las fincas, luego en orden de importancia se ubica el café sin sombrero en monocultivo en un 24% de las fincas encuestadas, un 12% poseen café con sombrero y caña en la misma finca y un 6% café sin sombrero y caña panelera en lotes de la misma finca. Solo un 6% de las familias presentó el sistema productivo de caña como monocultivo. Además se encontraron fincas de café con sombrero intercalado con café sin sombrero en un 12% y un 6% de fincas con café con semi-sombrero. Estos resultados de las encuestas están en concordancia con los estudios de caracterización que elaboró Ecohabitats en 2015, en donde se encontró que “Los sistemas productivos identificados como predominantes en las veredas del territorio de los Cerrillos, presentan el cultivo de café como una constante con variaciones en el tipo de arreglo productivo ya sea asociado con sombrero o monocultivo a plena exposición solar” (Alejo 2015, p.18) (Figura 7).

⁵ Se realizaron 17 encuestas a 14 productores, 3 de ellos tenían café y además caña panelera. El objetivo de la encuesta era primordialmente obtener los costos de producción de café y caña panelera, que son los cultivos predominantes en las veredas del TeSAC Cauca, por información suministrada por los estudios de Ecohabitats en 2015. Por consiguiente, el número de encuestas es representativo si se considera que se entrevistaron a productores líderes del territorio, con un gran conocimiento del costo de sus actividades agrícolas. La idea era contar con una plantilla de costos de producción de café y caña panelera, lo más cercana posible a la realidad de la zona y lo más completa y desagregada posible, para lo cual era necesario entrevistar a productores que tuvieran registros completos y desagregados de todas sus actividades en el manejo de sus cultivos. Para ello, se contó con la magnífica orientación y apoyo de Ortega, L. A. Y Paz, L., de la Fundación Ecohabitats.

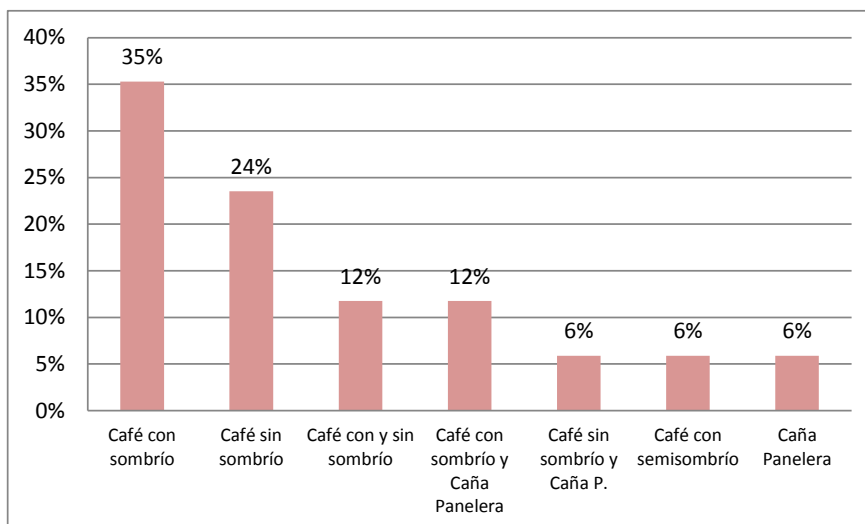


Figura 7. Frecuencia de los Sistemas Productivos en fincas TeSAC Cauca.

De los 14 productores encuestados la mayoría o sea el 93%, han cursado primaria. Una de las personas encuestadas es profesional y fue docente. Este resultado concuerda con el estudio de Ortega, 2015, donde se encontró que el nivel educativo del TeSAC es limitado, pues al menos algún miembro del hogar ha terminado primaria (37%) y secundaria (47%).

Los encuestados resultaron ser mayores de 40 años. El 43% tienen entre 40 y 50 años, el 36% entre 50 y 60 años, el 14% entre 60 y 70 y un 7% mayor a 70 años. Es importante este resultado para entender que los propietarios de las fincas no son jóvenes pero que un buen porcentaje de ellos, 43%, se encuentra entre 40 y 50 años, lo que significa que pueden estar al frente de sus predios por muchos años, si se considera que la esperanza de vida en Colombia es de 71 y 77 para hombres y mujeres respectivamente (DANE, 2016). Otra consideración es que ya este grupo de población ha definido su proyecto de vida e este territorio y se asegura mayor estabilidad en su permanencia en el medio rural.

El 70% de los encuestados está asociado y el 21% no está asociado. De los asociados el 43% es miembro de Agricon Cooperativa de café de la vereda “El Danubio”, un 14% a Asoagro, un 7% a Asancerillos, un 7% a Asopanela y un 7% a Provitec (Figura 8 y 9). La asociatividad les ha permitido emprender desafíos más fuertes como el emprendido por Agricon para la producción de cafés especiales para su exportación, mejorar su poder de negociación al vender su producción y emprender proyectos sociales en favor de toda la comunidad.

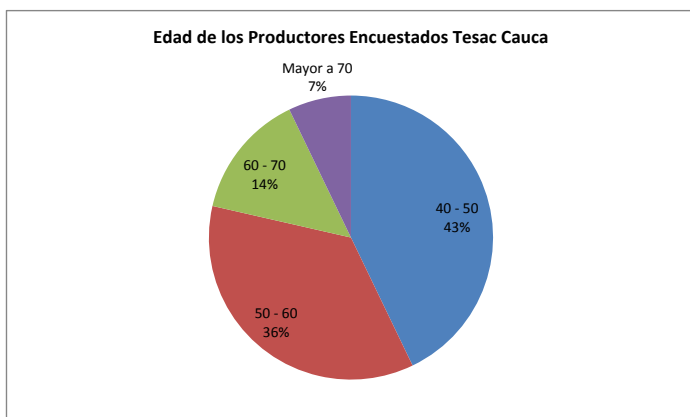


Figura 8. Edad de los Encuestados TeSAC Cauca.

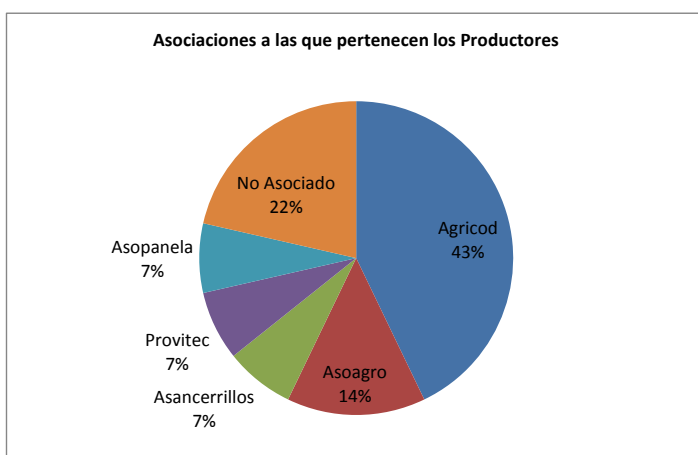


Figura 9. Pertenencia a Asociaciones de los Productores Encuestados TeSAC Cauca.

De los 14 productores encuestados, la mayoría o sea 12 tienen en sus predios, huertas con hortalizas⁶, principalmente verticales y rectangulares; 8 fincas cuentan con riego por goteo y 8 con bio-fábrica. En solo una finca, se encontraron 7 medidas de adaptación de las 10 analizadas (Figura 10). En este muestreo no se encontró la cosecha de agua en potreros. Es necesario advertir que el programa de implementación de medidas solo lleva 2 años, con inicio en el año 2015 y su desarrollo ha sido gradual cubriendo cada vez más familias

Actualmente, han implementado la medida cosecha de aguas lluvia, unas 63 familias. En el caso de huertas familiares entre 2015 y 2016, se han construido 72 huertas CCAFS, CIAT, ECO HABITATS, 2016).

⁶ Las hortalizas, que se manejan en el TeSAC Cauca, en las huertas familiares, son: Zanahoria, Pepino, Acelga, Rábano, Perejil, Remolacha, Repollo, Lechuga, Tomate, Cebolla Larga, Apio, Espinaca y Cilantro.

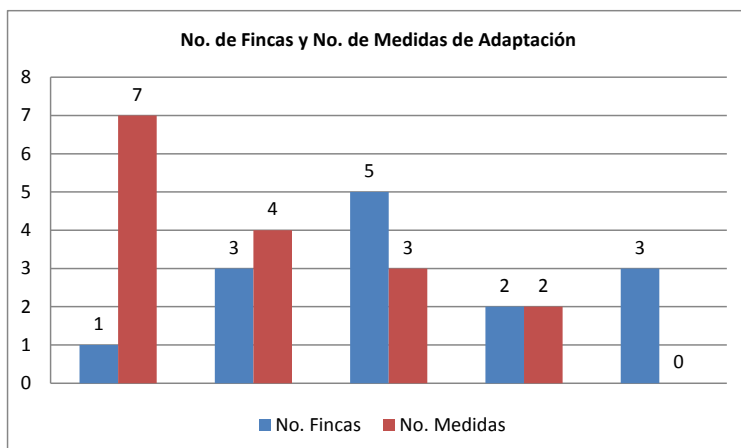


Figura 10. Frecuencia de las Medidas de Adaptación de familias TeSAC Cauca.

5.2. Costos de las medidas de adaptación y de los sistemas productivos de café y caña panelera.

La información sobre los costos de las medidas de adaptación, fue suministrada por la Fundación Ecohabitats, y se presenta desglosada en costos de instalación y de mantenimiento, para el año 2016.

Los costos de producción fueron obtenidos de las encuestas realizadas a los productores de las veredas del TeSAC Cauca. Estos se presentan desglosados en costos de mano de obra, insumos utilizados, recolección, empaques, transporte y administración. Igualmente se obtuvieron los costos de la inversión realizada en infraestructura y equipos, como son, la infraestructura de secamiento y la despulpadora en el caso del café y el trapiche en el caso de caña panelera.

5.3 Revisión de literatura

Para ahondar información relacionada con las externalidades generadas por las medidas de adaptación, se realizó una revisión de estudios relacionados con el impacto de medidas de adaptación y mitigación similares a las utilizadas en el TeSAC Cauca, sobre los recursos naturales.

5.4 Resultados de Rentabilidad Privada de las Medidas de Adaptación.

SUPUESTOS

Los supuestos de este análisis económico de rentabilidad privada son:

- ✚ Los sistemas productivos predominantes para el análisis son, café con sombrío y sin sombrío, caña panelera, y fincas que tienen ambos cultivos, café con sombrío y caña panelera y café sin sombrío y caña panelera.
- ✚ El horizonte de tiempo del análisis es de 12 años, considerando que el ciclo de producción del cultivo de café es de 6 años, con una zoca que se extiende en otro ciclo de producción de otros 6 años. El ciclo productivo de la caña panelera es de 18 meses, se toma un ciclo equivalente de 12 años, tiempo en el cual se pueden obtener 8 cosechas.

- ✚ El horizonte de tiempo considerado para las medidas de adaptación se ajusta a los 12 años de acuerdo con los dos (2) ciclos productivos del café.
- ✚ La unidad de análisis es la finca de las familias TeSAC Cauca. De acuerdo con la metodología, el análisis costo – beneficio de la finca toma en cuenta una hectárea para los sistemas productivos café y caña panelera.
- ✚ La tasa de descuento es del 12%, es el costo de oportunidad del capital para el país o sociedad en general, de acuerdo al Departamento Nacional de Planeación (DNP) que considera que todo proyecto de inversión pública debe generar un beneficio económico y social mínimo del 12%, aunque la tasa promedio del DTF en Colombia, para los últimos 30 días es del 7,02%, según el Banco de la República. Entre más alta sea la tasa de descuento utilizada en la estimación de la rentabilidad del proyecto, más se le exige al mismo para obtener su viabilidad financiera.
- ✚ El modelo de rentabilidad económica privada se corre para cada uno de los cinco (5) escenarios considerados, que se explican en la sección de resultados de los indicadores de rentabilidad privada del ejercicio ACB, en cada uno de los sistemas de producción de las fincas de las familias que tienen, café con sombrío, café sin sombrío y caña panelera como monocultivo o las fincas que tienen ambos cultivos, es decir caña panelera ya sea con café con sombrío o café sin sombrío.

INDICADORES DE RENTABILIDAD PRIVADA

Los indicadores de rentabilidad económica privada se calculan para los siguientes escenarios, de acuerdo a la inclusión de las diferentes medidas de adaptación en las fincas de las familias que tienen, café con sombrío, café sin sombrío y caña panelera como monocultivo o las fincas que siembran ambos cultivos, es decir caña panelera ya sea con café con sombrío o café sin sombrío. Es decir se comparan en los diferentes escenarios fincas con sistemas productivos con alguna medida de adaptación, frente a un control o testigo, que son aquellas fincas con sistemas productivos pero que no tienen implementadas las medidas de adaptación (Tabla 3).

Tabla 3. Descripción de Escenarios

Escenario 1.	Fincas con sistema productivo y huerta (incluye cosecha de aguas lluvia, riego por goteo, biofábrica) con ariete artesanal, micro-aspersión portátil y franjas multiestrato, frente a fincas con sistema productivo pero sin ninguna medida de adaptación. (Productividad por agua y Huertas).
Escenario 2.	Fincas con sistema productivo y huerta (incluye cosecha de aguas lluvia, riego por goteo, biofábrica) con reservorio, micro-aspersión portátil y franjas Multiestrato, frente a fincas con sistema productivo pero sin ninguna medida de adaptación. (Productividad por agua y Huertas).
Escenario 3.	Fincas con sistema productivo y huerta (incluye cosecha de aguas lluvia, riego por goteo, biofábrica) con bomba tipo camándula, micro-aspersión portátil y franjas Multiestrato frente a fincas con sistema productivo pero sin ninguna medida de adaptación. (Productividad por agua y Huertas).
Escenario 4.	Fincas con sistema productivo y huerta (incluye cosecha de aguas lluvia, riego por goteo, biofábrica) con cosecha de agua en potreros, micro-aspersión portátil y franjas Multiestrato frente a fincas con sistema productivo pero sin ninguna medida de adaptación. (Productividad por agua y Huertas).
Escenario 5.	Fincas con sistema productivo con bomba tipo camándula, micro-aspersión y franjas Multiestrato, pero sin huerta frente a fincas con sistema productivo pero sin ninguna medida de adaptación. (Productividad por agua).
Escenario 6.	Fincas con sistema productivo y huerta (incluye cosecha de aguas lluvia, riego por

	goteo, biofábrica y franjas multiestrato, pero sin medidas de provisión de agua para el sistema productivo, frente a fincas con sistema productivo pero sin ninguna medida de adaptación.(Huertas)
Nota: El modelo de rentabilidad privada de las medidas de adaptación se corre para cada uno de estos escenarios y para cada uno de los arreglos productivos, café con sombrío, café sin sombrío, caña panelera, café con sombrío intercalado con caña panelera y café sin sombrío intercalado con caña panelera.	

5.4.1 RENTABILIDAD MEDIDAS DE ADAPTACIÓN EN EL SISTEMA PRODUCTIVO CAFÉ CON SOMBRÍO Y CAFÉ SIN SOMBRÍO.

La evaluación financiera privada de las medidas de adaptación se realiza comparando los resultados de los indicadores económicos VPN, TIR, B/C, en fincas de café con sombrío y de café sin sombrío en monocultivo que han adoptado las medidas de adaptación para enfrentar la sequía y aquellas fincas de café con sombrío y café sin sombrío que no han implementado las medidas (Figura 11).

Fruto de esta situación se ha identificado en las encuestas que en el caso de café con sombrío la finca que no ha adoptado las medidas de adaptación obtiene rendimientos menores en un 10% frente a los rendimientos de los productores de café con sombrío que sí han implementado las medidas, debido a que el hecho de mantener agua disponible para el café en época de floración que se da en los meses de verano (Junio - Julio - Agosto) y que se ha venido extendiendo hasta septiembre, a causa del cambio climático, hace que la cosecha que se recoge en el siguiente año (Marzo-Abril-Mayo), no sea la esperada pues se obtienen frutos vanos de café, afectando el rendimiento y la calidad del café.

En el caso de café sin sombrío las fincas que no han adoptado las medidas de adaptación obtienen rendimientos menores en un 30% frente a los rendimientos de los productores de café sin sombrío que sí han implementado las medidas, al enfrentar las épocas de sequías.

Este mayor impacto de la sequía en las fincas de café sin sombrío, que no han implementado las medidas de adaptación, se debe a la mayor vulnerabilidad que tienen dichas fincas, frente a fincas de café con sombrío sin medidas de adaptación, por cuanto las primeras están a plena exposición solar y no resisten la sequía como la finca con sombrío que puede aguantar más el impacto de la sequía y por lo tanto la caída en los rendimientos de las fincas de café con sombrío es menor (10%) que la caída en rendimientos (30%) de las fincas que tienen café sin sombrío. El café sin sombrío requiere mayor cantidad de fertilizantes, coadyuvando a la caída en rendimientos si las aplicaciones no se realizan oportunamente (opinión de los productores encuestados, noviembre 2016).

La revisión de literatura, permite tener más razones para identificar la diferencia en la caída de los rendimientos, comparando fincas de café con sombrío y café sin sombrío.

La sombra en el café tiene ventajas directas e indirectas, según la Asociación Nacional del Café (Anacafé). Entre las directas están las siguientes:

- Protege al cultivo de la acción directa de los rayos del sol.

- Se logra una mejor asimilación de los elementos del suelo, debido a que la temperatura del suelo es más uniforme.

Entre las ventajas indirectas, se pueden mencionar:

- Durante el verano hay mayor retención de humedad en el suelo, lo cual favorece los rendimientos del café.
- Existe menor pérdida de nitrógeno en el suelo, al ser más lenta la descomposición del humus debido a la temperatura del suelo.
- Hay mayor incorporación de materia orgánica al suelo por el efecto de las hojas que caen de los árboles.

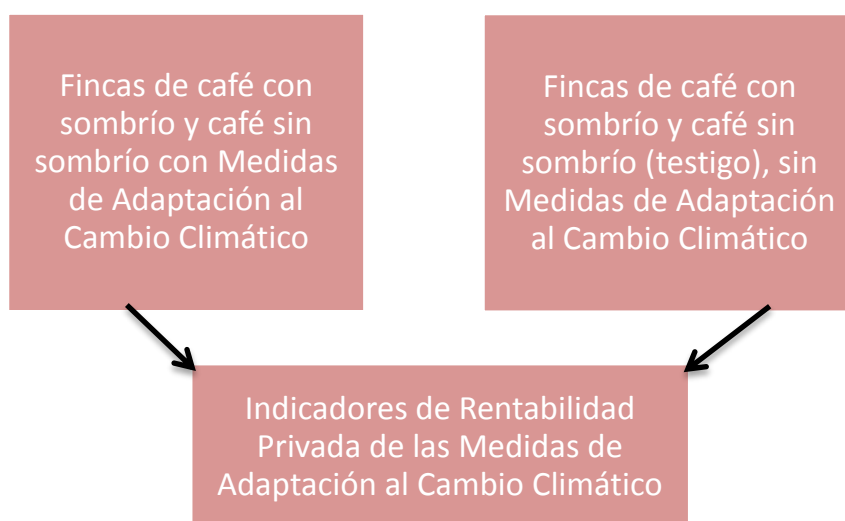


Figura 11. Comparación de Fincas de café con y sin medidas de adaptación

Antes de analizar los resultados de la evaluación económica privada, es necesario explicar cómo se estiman los indicadores de rentabilidad privada, Valor Presente Neto (VPN), Tasa Interna de Retorno (TIR), Relación Beneficio/Costo (B/C). Estos indicadores se aplican a los beneficios netos incrementales que generan la adopción de las medidas de adopción en una finca con café con sombrero o sin sombrero, frente a otra finca que también tiene café con sombrero o sin sombrero, pero que no ha implementado las medidas de adaptación.

Se trata de estimar el flujo de beneficios netos incrementales que genera la adopción de las medidas de adaptación, sobre los sistemas productivos predominantes en el TeSAC, café y caña panelera. Esta situación se puede visualizar en la tabla 4.

Tabla 4. Estimación del flujo de beneficios netos incrementales de la adopción de las Medidas de Adaptación.

FLUJOS	VARIABLES
Flujo de beneficios (ingresos) netos incrementales de la adopción de las Medidas de Adaptación.	Ingresos brutos incrementales de la finca con M.A. menos Costos incrementales, en un horizonte de 12 años.
Flujo de Ingresos brutos incrementales.	Ingresos brutos incrementales de café y/caña, en fincas con Medidas de Adaptación, que aumentan productividad, más Ingresos de Huertas Familiares menos Ingresos brutos de café y/caña en fincas sin Medidas de Adaptación, en un horizonte de 12 años.
Flujo de Costos Incrementales.	Costos de producción en fincas de café y/o caña más costos de las medidas de adaptación menos los costos de producción de café y/o caña en fincas sin medidas de adaptación en un horizonte de 12 años.

A. Análisis de resultados para los cuatro primeros escenarios (Medidas de Adaptación, incluidas las huertas familiares en Fincas de Café con sombrío y Café sin sombrío. Efecto productividad e ingresos por huertas.

En estos cuatro primeros escenarios se mide el impacto de las medidas de adaptación que proveen agua para mantener la **productividad** del café en épocas de sequía y el impacto de las huertas al proporcionar **ingresos adicionales** derivados de la producción de hortalizas. Son dos efectos de las medidas de adaptación, productividad del café e ingresos por huertas.

A.1 FINCAS DE CAFÉ CON SOMBRÍO.

Los resultados de la evaluación económica privada de las medidas de adaptación en fincas de café con sombrío indican que la adopción de las mismas, tiene un impacto favorable en la rentabilidad del cultivo, pues el indicador de Valor Presente Neto (VPN) es positivo y oscila entre \$5.3 y \$5.5 millones y su promedio para los cuatro (4) primeros escenarios es de \$5,4 millones y sus valores son superiores a la inversión en la instalación de las medidas de adaptación, que oscila entre 2,5 y 3,5 millones de pesos. Este resultado indica que las fincas que han adoptado medidas de adaptación al cambio climático tienen un excedente económico de \$5,4 millones expresado en términos del valor presente neto. En otros términos es el ingreso neto adicional que percibe una familia que ha implementado las medidas de adaptación con respecto a una familia que no las ha adoptado, pues se generan ingresos por **mayor productividad** del café y por concepto de los **ingresos de las hortalizas** producidas en las huertas familiares, por contar con disponibilidad de agua y riego por goteo en las huertas. Ver tabla 5 y figuras 12, 13 y 14.

Tabla 5. Indicadores de rentabilidad económica privada de las medidas de adaptación en TeSAC Cauca, en fincas de café con sombrío. VPN en COP\$.

FINCAS DE CAFÉ CON SOMBRÍO	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3	Escenario 4	Escenario 5	Escenario 6
VPN (12%)	5.565.324	5.484.529	5.404.809	5.318.302	4.958.504	446.305
TIR	36%	35%	35%	34%	59%	16%
Recuperación de la Inversión (años)	2,4	2,4	2,5	2,5	1,1	4,7
VPN (12%) Ingresos Brutos Incrementales	14.249.826	14.249.826	14.249.826	14.249.826	6.568.802	7.681.024
VPN (12%) Costos Incrementales	5.360.331	5.360.331	5.383.456	5.431.483	634.548	4.748.908
RB/C	2,7	2,7	2,6	2,6	10,4	1,6
Fuente: Elaboración Propia con base en Encuestas a Productores del TeSAC Cauca, CIAT, CCAFS, ECOHABITATS 2016						
Escenario 1. Café con sombrío y Huerta (riego por goteo, cosecha aguas lluvias y biofábrica), Ariete, Micro-aspersión y Franjas M.						
Escenario 2. Café con sombrío y Huerta (riego por goteo, cosecha aguas lluvias y biofábrica), Reservorio, Micro-aspersión y Franjas M.						
Escenario 3. Café con sombrío y Huerta (riego por goteo, cosecha aguas lluvias y biofábrica), Bomba T.C. Micro-aspersión y Franjas M.						
Escenario 4. Café con sombrío y Huerta (riego por goteo, cosecha de aguas lluvia y biofábrica), Cosecha agua Potrereros, Micro-aspersión y Franjas M.						
Escenario 5. Café con sombrío con Bomba tipo camandula, Micro-aspersión y Franjas M. sin Huertas.						
Escenario 6. Café con sombrío con Huerta (riego por goteo, cosecha aguas lluvias y biofábrica).						

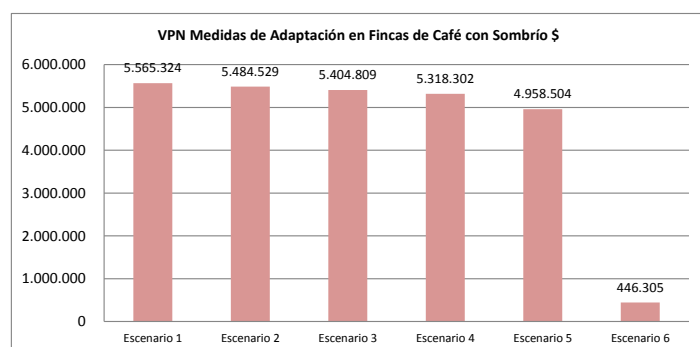


Figura 12. VPN de Medidas de Adaptación, TeSAC Cauca, 2016.

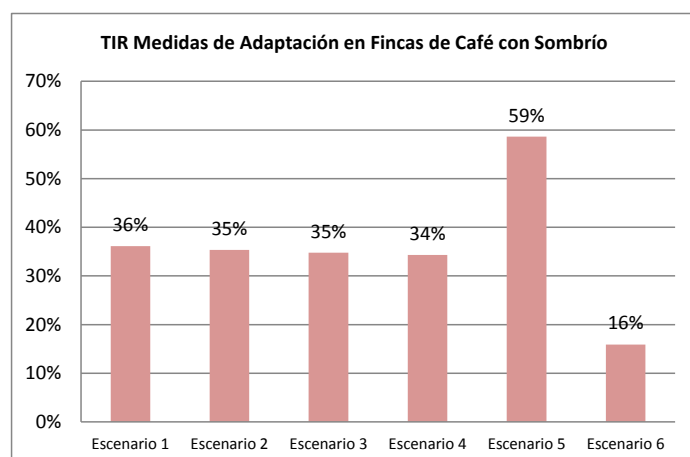


Figura 13. TIR de Medidas de Adaptación, TeSAC Cauca, 2016.

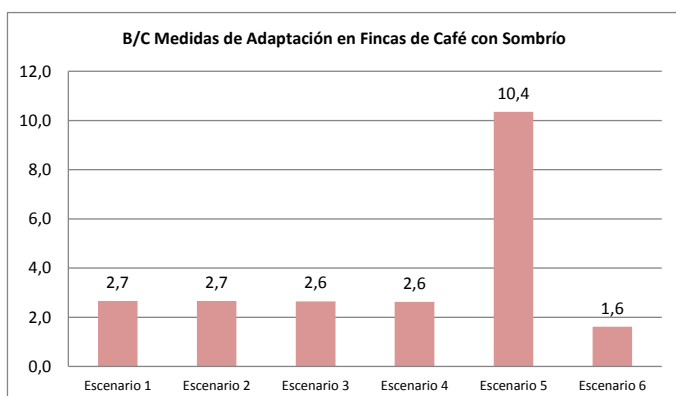


Figura 14. Relación Beneficio - Costo Medidas de Adaptación, TeSAC Cauca, 2016.

FINCAS DE CAFÉ SIN SOMBRÍO.

En estos cuatro primeros escenarios se está midiendo el impacto de las medidas de adaptación que proveen agua sobre la **productividad** del café sin sombrío y de las huertas al proporcionar **ingresos adicionales** derivados de la producción de hortalizas. Son dos efectos de las medidas de adaptación, productividad e ingresos por huertas.

Los indicadores de rentabilidad privada de las medidas de adaptación en fincas de café sin sombrío, igualmente presentan una situación favorable y mucho mayor que la rentabilidad privada que presentan las medidas de adaptación en el sistema de café con sombrío. El indicador de VPN oscila entre \$18.1 y \$18.4 millones, y su promedio para los cuatro (4) primeros escenarios es \$18,3 millones, 3 veces más alto que los obtenidos por las medidas en el café con sombrío, que están en promedio en \$5,4 millones. Este resultado indica que las fincas que han adoptado medidas de adaptación al cambio climático tienen un excedente económico de \$18,3 millones expresado en términos del valor actual neto. Ver tabla 6 y figuras 15, 16 y 17.

Tabla 6. Indicadores de rentabilidad económica privada de las medidas de adaptación en TeSAC Cauca, en fincas de café sin sombrío. VPN en COP\$.

FINCAS DE CAFÉ SIN SOMBRÍO	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3	Escenario 4	Escenario 5	Escenario 6
VPN (12%)	18.412.518	18.331.723	18.252.003	18.165.496	17.805.698	446.305
TIR (12%)	67%	66%	65%	64%	113%	16%
Recuperación de la Inversión (años)	1,0	1,0	1,1	1,1	0,4	4,7
VPN (12%) Ingresos Brutos Incrementales	27.097.020	27.097.020	27.097.020	27.097.020	19.415.996	7.681.024
VPN (12%) Costos Incrementales	5.360.331	5.360.331	5.383.456	5.431.483	634.548	4.748.908
RB/C	5,1	5,1	5,0	5,0	30,6	1,6
Fuente: Elaboración Propia con base en Encuestas a Productores del TeSAC Cauca, CIAT, CCAFS, ECOHABITATS 2016						
Escenario 1. Café con sombrío y Huerta (riego por goteo, cosecha aguas lluvias y biofábrica), Ariete, Micro-aspersión y Franjas M.						
Escenario 2. Café con sombrío y Huerta (riego por goteo, cosecha aguas lluvias y biofábrica), Reservorio, Micro-aspersión y Franjas M.						
Escenario 3. Café con sombrío y Huerta (riego por goteo, cosecha aguas lluvias y biofábrica), Bomba T.C. Micro-aspersión y Franjas M.						
Escenario 4. Café con sombrío y Huerta (riego por goteo, cosecha de aguas lluvia y biofábrica), Cosecha agua Potrereros, Micro-aspersión y Franjas M.						
Escenario 5. Café con sombrío con Bomba tipo camandula, Micro-aspersión y Franjas M. sin Huertas.						
Escenario 6. Café con sombrío con Huerta (riego por goteo, cosecha aguas lluvias y biofábrica).						

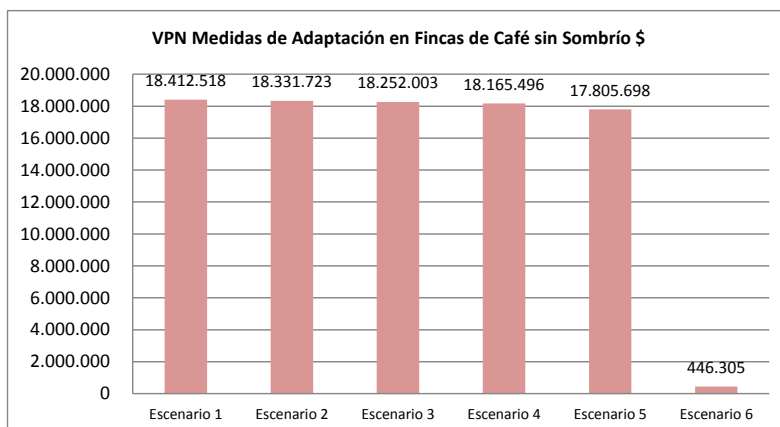


Figura 15. VPN de Medidas de Adaptación, TeSAC Cauca, 2016.

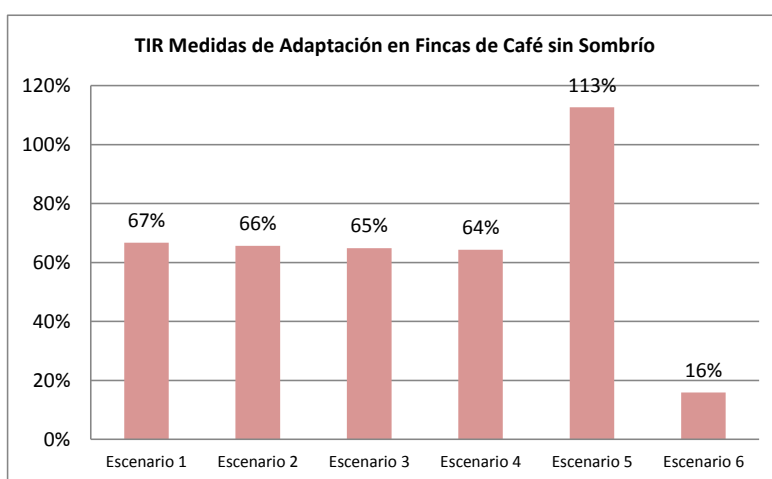


Figura 16. TIR de Medidas de Adaptación, TeSAC Cauca, 2016.

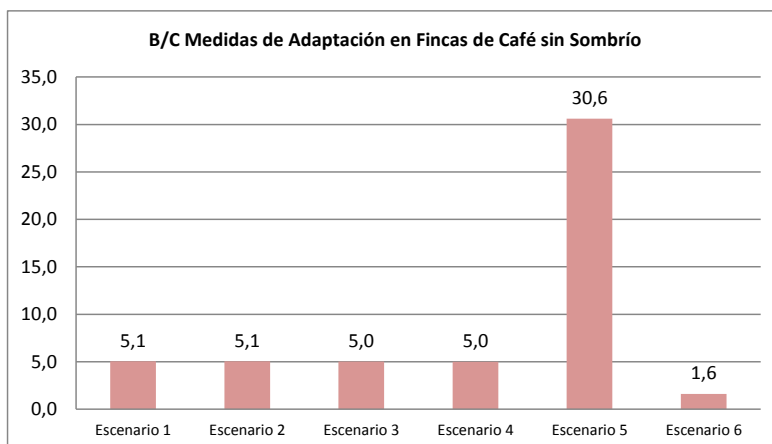


Figura 17. Relación Beneficio - Costo Medidas de Adaptación, TeSAC Cauca, 2016.

Igualmente, el indicador de TIR de las medidas de adaptación para fincas con café sin sombrero es en promedio de 65% para los cuatro (4) primeros escenarios y de 35% para las fincas que tienen café con sombrero. Ambos son ampliamente superiores a la tasa de descuento del 12%. Es decir que la rentabilidad promedio anual de los recursos invertidos

en el proyecto es muy atractiva para las fincas del TeSAC Cauca que han implementado las prácticas ASAC.

La mayor rentabilidad de las fincas de café con sombrío y sin sombrío, se debe a que la **disponibilidad de agua**, obtenida por la implementación de las medidas de adaptación (ariete artesanal, reservorio, bomba tipo camándula, cosecha agua en potreros), lo cual permite que en tiempos de sequía los rendimientos no se reduzcan lo que sí sucede con aquellas fincas que no cuentan con medidas de provisión de agua.

Es necesario recordar que según las encuestas realizadas en el TeSAC Cauca, en el tiempo de sequía el llenado de los frutos de café se perjudica y la cosecha arroja un grano vano, con poco peso. En el caso de fincas con café sin sombrío la disminución de la productividad es de un 30% y de fincas con café con sombrío es de un 10% (Encuestas Tesac Cauca, Noviembre 2016). En este caso, los indicadores de rentabilidad privada favorecen en mayor medida a los productores de café sin sombrío con medidas, que en épocas de sequía obtienen rendimientos superiores en un 30%, comparado con productores de café sin sombrío que no han implementado las medidas de adaptación. En el caso de las fincas de café con sombrío, en épocas de sequía obtienen rendimientos superiores en un 10%, comparado con productores de café con sombrío que no han implementado las medidas de adaptación. Esto explica la mayor rentabilidad que presentan las medidas de adaptación en fincas de café sin sombrío.

La relación beneficio-costo para el horizonte de 12 años, es en promedio de 2,6 y 5,0 para fincas con medidas de adaptación en los sistemas de producción de café con sombrío y café sin sombrío respectivamente. Estos resultados indican que por cada \$100 de inversión se recuperan \$260 y \$500, quedando márgenes de \$160 y \$400 por cada \$100 invertidos respectivamente. La diferencia en este indicador radica en que los ingresos brutos incrementales año de café sin sombrío (\$27.097.020) son superiores a los de café con sombrío (\$14.249.826), mientras los costos incrementales son muy similares (\$5.383.900 y \$5.360.331 respectivamente).

La recuperación de la inversión en la instalación y sostenimiento de las prácticas ASAC (medidas de adaptación) se obtiene en promedio a los 2,4 años, para fincas con medidas de adaptación en los sistemas de producción de café con sombrío y de 1,0 años en café sin sombrío respectivamente. Esto significa que la inversión se recupera más rápido en fincas de café sin sombrío que implementan las medidas de adaptación con respecto a fincas de café con sombrío que también las implementan. Esto se debe a que el promedio anual de los ingresos netos incrementales en fincas de café sin sombrío (\$3.260.000) es superior a las fincas de café con sombrío (\$1.402.000).

Como se puede apreciar no existen diferencias apreciables en los resultados de los cuatro (4) primeros escenarios, con diferencias mínimas en todos los indicadores de rentabilidad. Una explicación se debe a que inversión inicial y los costos de mantenimiento de las medidas no son apreciablemente diferentes, pues oscilan entre una inversión inicial de \$337.210 para instalar un ariete (escenario 1) y \$513.080 para una cosecha de agua en potreros (escenario 4). Igualmente, los ingresos generados por el cultivo del café son iguales en cada escenario, independientemente de las medidas que se adopten, ariete artesanal, reservorio, bomba tipo camándula o cosecha de agua en potreros. Esta situación se traduce finalmente en que el promedio anual de los beneficios netos incrementales para los escenarios 1 a 4 es igual, para fincas de café con sombrío de (\$1.402.000) y para fincas de café sin sombrío (\$3.260.000).

B. Análisis de resultados para los escenarios 5 y 6 en Fincas de Café con sombrero y Café sin sombrero.

B.1 Escenario 5. Implementación de Medidas de Adaptación sin incluir Huertas Familiares en Fincas de Café con sombrero y Café sin sombrero. Efecto Productividad de las medidas de provisión de agua únicamente.

En el escenario 5 se corre el modelo de rentabilidad económica privada con medidas que incluyen provisión de agua, es decir, se mide solo el efecto de la **productividad** sobre los sistemas productivos, pero sin incluir los ingresos por hortalizas, que generan las huertas familiares. En el escenario 6, se analiza el impacto de las huertas familiares sin tener en cuenta ninguna otra medida de provisión de agua.

En términos de rentabilidad privada los resultados del escenario 5, son mejores en términos de TIR, relación beneficio costo y recuperación de la inversión, que los obtenidos en los indicadores de los cuatro primeros escenarios, excepto el VPN que es ligeramente menor, \$4.958.504 y \$17.805.698 para fincas de café con sombrero y café sin sombrero respectivamente, frente al VPN promedio de los cuatro primeros escenarios, \$5.443.241 y \$18.290.435. Esto significa que al no considerar los ingresos por hortalizas en el escenario 5, se reduce ligeramente el VPN, en relación con los escenarios 1 a 4, pero también los resultados indican que las medidas que facilitan la provisión de agua a los cultivos de café, son mucho más rentables que medidas como las huertas familiares.

En el escenario 5, La TIR es de 59% y 113% respectivamente para fincas de café con sombrero y café sin sombrero respectivamente. La recuperación de la inversión es más rápida (0.4 años), en relación con los escenarios 1 a 4 (1 a 1,1 años) con un relación beneficio – costo de 10,4 y 30,6 respectivamente. Estos indicadores de rentabilidad de las practicas ASAC, son mejores que los arrojados por los cuatro primeros escenarios con valores de TIR promedio de 35% y 65%, recuperación de la inversión de 2,4 y 1,0 años y de relación beneficio – costo de 2,6 y 5,0 respectivamente y dan razón del gran impacto que tienen las medidas de provisión de agua.

Esta situación se explica porque el flujo de los ingresos netos incrementales es mayor en el escenario 5, con respecto al promedio de los cuatro primeros escenarios, debido a que los costos de las medidas de provisión de agua son menores que los costos de la implementación de las huertas y los ingresos adicionales por efecto de la productividad en el café, son mayores que los ingresos adicionales generados por las huertas familiares. Ver tablas 5 y 6.

B.2 Escenario 6. Implementación de Huertas Familiares en Fincas de Café con sombrero y Café sin sombrero. Efecto de ingresos por huertas únicamente.

En el escenario 6, se modela la situación de una familia que ha construido en la finca su huerta familiar y obtiene ingresos por hortalizas, pero no genera ingresos adicionales por mayor productividad en café, pues no ha implementado las medidas de provisión de agua, pues la cosecha de aguas lluvia solo se utiliza para la huerta con el riego por goteo y para el uso doméstico. Se aísla el efecto de una mayor productividad por provisión de agua en tiempos de sequía.

Esta situación se compara con otra finca que tiene el mismo sistema productivo (testigo), pero que no tiene huerta ni ninguna otra medida, para apreciar el impacto financiero de esta medida.

El establecimiento de la huerta con producción de hortalizas, arroja un VPN muy bajo (\$446.305) y una TIR de 16%, muy cerca a la tasa de descuento del 12%, punto de equilibrio donde las ganancias son cero. La recuperación de la inversión tarda mucho más tiempo (4,7 años) frente a los demás escenarios y la relación beneficio-costos es de 1,6 relativamente baja con respecto a los otros escenarios.

Es muy probable que esta medida sea muy sensible a una disminución de ingresos por hortalizas y se acerque al punto de equilibrio donde el VPN es igual a cero y no sea sostenible. Esta medida no solo incluye el costo de la huerta sino también el costo de la cosecha de aguas lluvia, el riego por goteo, la biofábrica, lo cual asciende a cerca de \$2.500.000, frente a un costo promedio de las otras medidas que proveen agua de \$436.000 y que arrojan rentabilidades más altas, debido al efecto de mayor productividad del sistema productivo, café con sombrero o sin sombrero, en este caso.

La huerta familiar reporta ingresos adicionales representados en el auto consumo de la familia y en la venta de excedentes en el mercado local. Se estima que su producción representa en promedio entre \$70.000 y 100.000 por mes por familia (comunicación personal Certuche, 2016), de los cuales más del 60% se dedica al consumo de las familias, lo cual representa un ingreso implícito al evitar compras de hortalizas en el mercado local. Los ingresos de hortalizas están contabilizados y se estimaron en el modelo ACB en \$1.240.000 por año, es decir un promedio mensual de \$103.333.

Además de los ingresos implícitos y explícitos que generan las huertas con la producción de verduras y hortalizas, la ventaja de esta medida es que presenta una externalidad positiva que se manifiesta en una mejor nutrición y por ende mejor salud para los miembros de la familia e igualmente se ahorran costos de tratamiento de enfermedades para el sistema de salud pública, en el mediano y largo plazo.

En resumen los resultados de la evaluación económica privada de las familias que han implementado medidas de adaptación, son financieramente muy viables, pues los beneficios netos incrementales de introducir y adoptar dichas prácticas son muy favorables, además de obtenerse beneficios ambientales y sociales que se explicarán más adelante. Sin embargo, el escenario 6, que contempla la medida de las huertas familiares presenta resultados económicos bajos que la hace muy sensible a cambios en precios de las hortalizas y costos de las huertas.

La aplicación de las medidas de provisión de agua (ariete artesanal, reservorio, bomba tipo camándula, agua en potreros) para cada una de las fincas del TeSAC Cauca, no está tanto en función de su viabilidad económica, la cual es muy favorable, sino de su implementación técnica pues depende de la topografía donde se ubica la finca en relación con la cercanía de las fuentes de agua. En las veredas de la parte alta del TeSAC Cauca, (La Tetilla, San Antonio, Santa Rosa, Julumito Alto, La Calera, Los Cerillos y Las Mercedes), las fuentes de agua están distantes para algunas fincas y hay que llevar el agua a alturas considerables. Sin embargo, la rentabilidad económica de las medidas de adaptación analizadas es tan favorable que se justifica hacer la inversión y seguir ampliando el programa de inclusión de nuevas fincas en el desarrollo del TeSAC Cauca.

5.4.2 RENTABILIDAD MEDIDAS DE ADAPTACIÓN EN CAÑA PANELERA.

El método de análisis es el mismo que se ha aplicado en la sección anterior, se compara la situación de fincas de caña panelera como monocultivo que han adoptado las medidas para enfrentar la sequía y otras fincas testigo de caña panelera que no han implementado las medidas, con el fin de estimar la bondad económica de las medidas de adaptación al cambio climático (Figura 18).

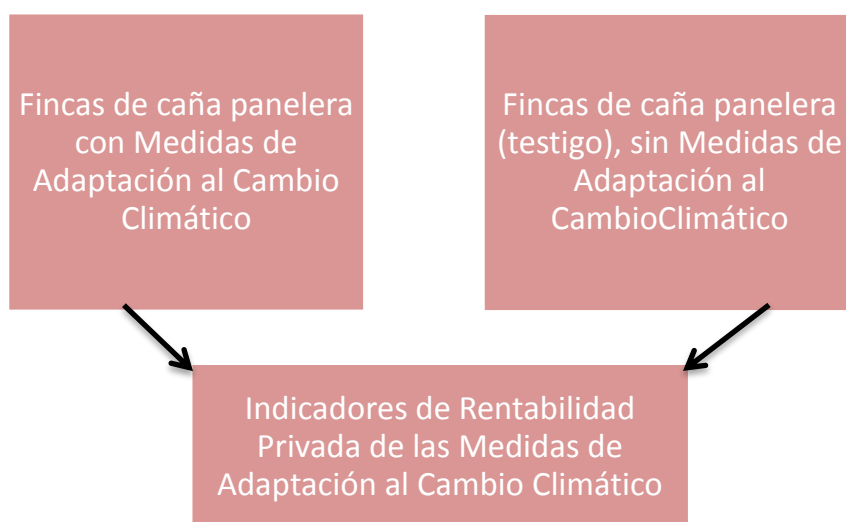


Figura 18. Comparación de Fincas de caña panelera con y sin medidas de adaptación.

A. Análisis de resultados para los cuatro primeros escenarios (Medidas de Adaptación, incluidas las huertas familiares en Caña Panelera. Efecto productividad e ingresos por huertas.

En estos cuatro primeros escenarios se está midiendo el impacto de las medidas de adaptación que proveen agua sobre la **productividad** de la caña panelera y de las huertas al proporcionar **ingresos adicionales** derivados de la producción de hortalizas. Son dos efectos de las medidas de adaptación, productividad e ingresos por huertas.

La rentabilidad privada de la adopción de las prácticas ASAC en caña panelera, tiene un impacto positivo y un poco mayor que la rentabilidad privada del café sin sombrero. El indicador promedio de VPN está en \$22,2 millones para los cuatro (4) primeros escenarios y es más alto que el promedio presentado por las medidas de adaptación en fincas de café sin sombrero, que está en \$18,3 millones y muy superior al arrojado por fincas con café con sombrero de \$5,4 millones.

Igualmente, el indicador de TIR es en promedio de 91% para los cuatro (4) primeros escenarios respectivamente y es superior al presentado por las medidas de adaptación en fincas de café sin sombrero, que están en promedio en 65% y de fincas de café con sombrero con un promedio de 35%. Los resultados de rentabilidad privada de las medidas de adaptación en caña panelera, se pueden apreciar en la tabla 7 y figuras 19, 20 y 21.

Tabla 7. Indicadores de rentabilidad económica privada de las medidas de adaptación en TeSAC Cauca, en fincas de caña panelera.

FINCAS DE CAÑA PANELERA	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3	Escenario 4	Escenario 5	Escenario 6
VPN (12%)	22.346.581	22.265.786	22.186.067	22.099.559	21.739.762	446.305
TIR (12%)	93%	91%	90%	89%	188%	16%
Recuperación de la Inversión (años)	1,0	1,0	1,0	1,0	0,3	4,7
VPN (12%) Ingresos Brutos Incrementales	31.031.083	31.031.083	31.031.083	31.031.083	23.350.059	7.681.024
VPN (12%) Costos Incrementales	5.360.331	5.360.331	5.383.456	5.431.483	634.548	4.748.908
RB/C	5,8	5,8	5,8	5,7	36,8	1,6
Fuente: Elaboración Propia con base en Encuestas a Productores del TeSAC Cauca, CIAT, CCAFS, ECOHABITATs 2016						
Escenario 1. Café con sombrío y Huerta (riego por goteo, cosecha aguas lluvias y biofábrica), Ariete, Micro-aspersión y Franjas M.						
Escenario 2. Café con sombrío y Huerta (riego por goteo, cosecha aguas lluvias y biofábrica), Reservorio, Micro-aspersión y Franjas M.						
Escenario 3. Café con sombrío y Huerta (riego por goteo, cosecha aguas lluvias y biofábrica), Bomba T.C. Micro-aspersión y Franjas M.						
Escenario 4. Café con sombrío y Huerta (riego por goteo, cosecha de aguas lluvia y biofábrica), Cosecha agua Potreros, Micro-aspersión y Franjas M.						
Escenario 5. Café con sombrío con Bomba tipo camandula, Micro-aspersión y Franjas M. sin Huertas.						
Escenario 6. Café con sombrío con Huerta (riego por goteo, cosecha aguas lluvias y biofábrica).						

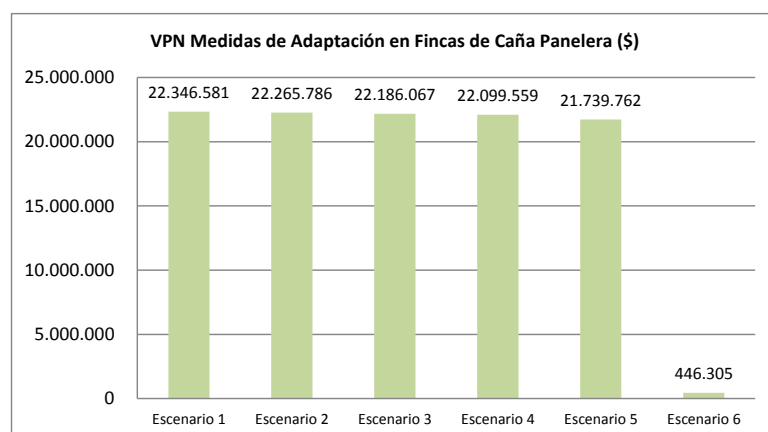


Figura 19. VPN de Medidas de Adaptación

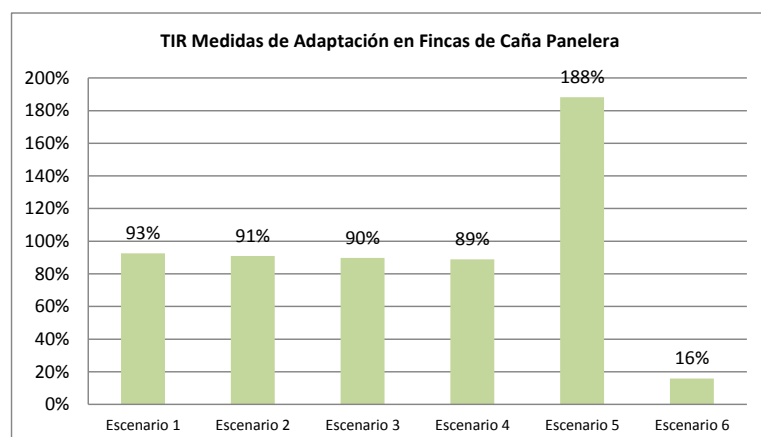


Figura 20. TIR de Medidas de Adaptación, TeSAC, Cauca.

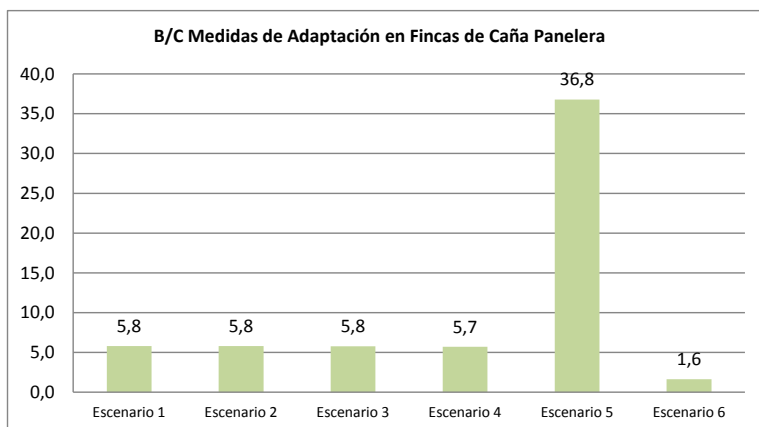


Figura 21. Relación Beneficio - Costo, TeSAC Cauca, 2016.

La relación beneficio-costos en fincas con medidas de adaptación es en promedio de 5,8 y para los cuatro (4) primeros escenarios, lo cual significa que por cada \$100 de inversión se obtienen entre \$580, quedando un margen de \$480 por cada \$100 invertidos. Este indicador es menor al presentado por fincas de café sin sombrío de 5,0 y mayor al observado en fincas con café con sombrío de 2,6.

La recuperación de la inversión en la instalación y sostenimiento de las prácticas ASAC (medidas de adaptación) se obtiene en promedio en 1,0 año, para los cuatro (4) primeros escenarios y es igual al indicador de fincas de café sin sombrío, sin embargo en fincas de café con sombrío la recuperación de la inversión en las medidas de adaptación toma más tiempo en promedio 2,4 años, para los cuatro (4) primeros escenarios.

La diferencia fundamental en el resultado de los indicadores de rentabilidad entre los sistemas productivos de café y caña panelera, radica en que el VPN de los ingresos brutos incrementales de la caña panelera es más alto (\$31 millones) que los percibidos en café con sombrío (\$14.2) y sin sombrío (\$27.1), explicados fundamentalmente por los mayores ingresos brutos provenientes de la caña panelera, pues los ingresos derivados de las huertas, por concepto de las verduras y hortalizas, es igual para los tres cultivos, café con sombrío, café sin sombrío y caña. Igualmente el VPN de los costos incrementales es igual para los tres cultivos (\$5,3 millones).

El mayor ingreso bruto incremental de la caña panelera, se explica por los mayores rendimientos que se consiguen por la disponibilidad de agua, fruto de las medidas de adaptación, para la caña en los meses de verano. Según las encuestas los rendimientos de caña panelera en una finca sin medidas de adaptación son menores en un 25% frente a los rendimientos de los productores que sí han implementado las medidas. Ver tabla 8.

Tabla 8. Diferencias en ingresos y costos incrementales café y caña panelera en monocultivo.

Cultivos en Monocultivo	VPN Ingresos Brutos Incrementales	VPN Costos Incrementales	Relación Beneficio-Costo
Café con sombrío	14.249.826	5.383.900	2,6
Café sin sombrío	27.097.020	5.383.900	5,0
Caña panelera	31.031.083	5.383.900	5,8

Fuente: Elaboración Propia, CIAT, CCAFS, 2016.

Estos resultados indican que las medidas de adaptación son económicamente rentables, pues los beneficios netos incrementales de introducir y adoptar dichas prácticas son muy favorables, además que las familias perciben indirectamente beneficios ambientales y sociales que se explicarán más adelante, teniendo en cuenta los escenarios 1 a 4, donde se contemplan las medidas de provisión de agua (ariete artesanal, reservorio, bomba tipo camándula y cosecha de agua en potreros) y de huertas familiares (cosecha de aguas lluvia, riego por goteo y bio-fábrica).

B. Análisis de resultados para los escenarios 5 y 6 en Caña Panelera.

Escenario 5. Implementación de Medidas de Adaptación sin la inclusión de Huertas Familiares en Fincas de Caña Panelera. Efecto Productividad de las medidas de provisión de agua únicamente.

En el escenario 5, se incluyen medidas que abastecen de agua a las fincas en todo el año, pero no se tienen en cuenta, las huertas familiares que generan ingresos por hortalizas.

Los resultados del escenario 5, se presentan igualmente en las tablas 5 y 6. El VPN es igual a \$27.1 millones. Este valor es un 3% menor respecto al indicador de VPN promedio de los cuatro primeros escenarios, que involucraban las mismas medidas de adaptación para provisión de agua, más la medida de las huertas familiares. Esta situación significa que las medidas de provisión de agua (ariete artesanal, reservorio, bomba tipo camándula, agua en potreros), son las responsables en más de un 97% del excedente económico que genera el programa de medidas de adaptación del TeSAC Cauca, que se visualiza a través del indicador del valor presente neto.

En los otros indicadores se aprecia que la TIR es 188%. La recuperación de la inversión de este escenario 5 es más rápida 0,3 años y la relación beneficio – costo es de 36,8. Estos valores son mucho más favorables que los arrojados por los cuatro primeros escenarios con valores de TIR promedio de 91%, recuperación de la inversión de 1,0 año y de relación beneficio – costo de 5,8.

Esta situación se explica porque los costos incrementales de las medidas de provisión de agua, sin incluir el costo de las huertas, disminuye en un 88%, mientras los ingresos incrementales, sin los ingresos de hortalizas, disminuyen en una menor proporción, en un 25%, generando así una mayor rentabilidad financiera, con relación a los resultados de los 4 primeros escenarios.

Escenario 6. Implementación de Huertas Familiares en Fincas de Caña Panelera. Efecto de ingresos por huertas únicamente.

En el escenario 6, se modela la situación de una familia que ha construido su huerta familiar y obtiene ingresos por hortalizas, pero no obtiene ingresos adicionales por mayor productividad en caña panelera. Se aísla el efecto de una mayor productividad por provisión de agua en tiempos de sequía.

Los resultados financieros del impacto de esta medida son similares a los casos de fincas con café con y sin sombrío. El establecimiento de la sola huerta con producción de hortalizas, sin ninguna otra medida de adaptación arroja un VPN muy bajo (\$446.305) por debajo de la inversión en huertas que incluye cosecha de aguas lluvia, riego por goteo y biofábrica, lo cual asciende a cerca de \$2.500.000. La TIR es del 16%, muy cerca a la tasa de descuento del 12%, punto de equilibrio donde las ganancias son cero. Es muy probable que esta medida sea muy sensible a una disminución de ingresos por hortalizas y se acerque al punto de equilibrio donde el VPN es igual a cero y por tanto por sí sola no sea sostenible.

5.4.3 RENTABILIDAD MEDIDAS DE ADAPTACIÓN EN CULTIVOS INTERCALADOS CAFÉ CON SOMBRÍO Y CAÑA PANELERA Y CAFÉ SIN SOMBRÍO Y CAÑA PANELERA.

El supuesto fundamental del modelo de evaluación financiera de las medidas de adaptación se mantiene a lo largo del estudio y está basado en la comparación de fincas de café con sombrío con caña panelera simultáneamente que han adoptado las medidas para enfrentar la sequía y aquellas fincas de café con sombrío y caña panelera simultáneamente que no han implementado las medidas (Figura 22).

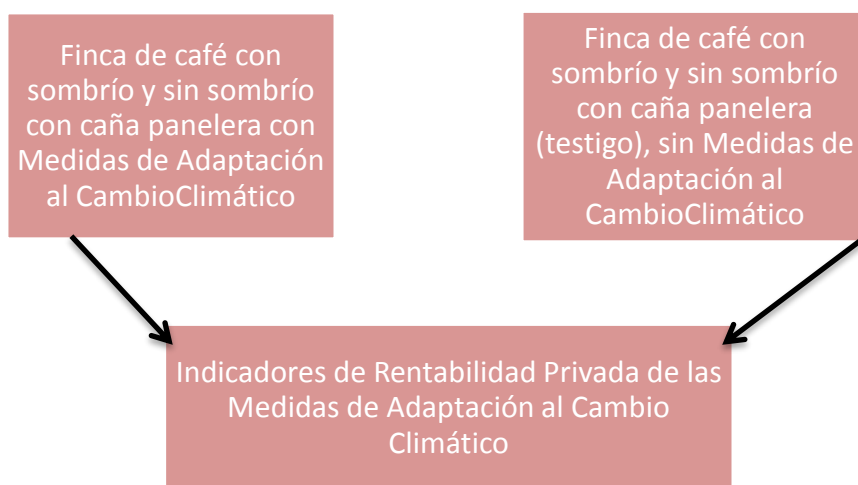


Figura 22. Comparación de fincas de café con caña panelera con y sin medidas adaptación.

A. Análisis de resultados para los cuatro primeros escenarios (Medidas de Adaptación, incluidas las huertas familiares en café con sombrío intercalado con caña panelera y café sin sombrío intercalado con caña panelera. Efecto productividad e ingresos por huertas.

Se presentan los resultados de la evaluación económica de las medidas de adaptación en fincas de café con sombrío intercalado con caña panelera, donde cada cultivo domina su espacio a manera de una superposición sin que coincidan los sitios donde se ubican las plantas.

Los indicadores de Valor Presente Neto (VPN) en fincas de café con sombrío intercalado con caña panelera son positivos con un promedio de \$28,7 millones para los cuatro (4) primeros escenarios y sus valores son superiores a la inversión en la instalación de las medidas de adaptación, que oscila entre 2,5 y 3,5 millones.

En el caso del café sin sombrío intercalado con caña panelera, el VPN es mayor que en café con sombrío intercalado con caña panelera con un promedio de \$41,6 millones, para los cuatro (4) primeros escenarios, lo cual se explica porque las medidas contra el cambio climático evitan la caída en rendimientos de café sin sombrío en un 30% y de caña en un 25%, efecto conjunto muy fuerte frente a la reducción en los rendimientos de café con sombrío en un 10% y caña panelera en un 25%.

Esta situación se refleja igualmente en los indicadores de TIR que para el caso de café con sombrío intercalado con caña panelera tiene un promedio de 101%, mientras en fincas de café sin sombrío intercalado con caña panelera el promedio es 117% para los cuatro (4) primeros escenarios.

La relación beneficio-costos es en promedio de 7,0 para fincas de café con sombrío intercalado con caña panelera para los cuatro (4) primeros escenarios, mientras que el promedio para fincas de café sin sombrío intercalado con caña panelera es de 9,4.

La recuperación de la inversión en la instalación y sostenimiento de las prácticas ASAC (medidas de adaptación) se obtiene más rápido en fincas de caña panelera con café sin sombrío, en promedio 6,6 meses, mientras en fincas de caña panelera con café con sombrío es de 9,3 meses.

En resumen, el beneficio de las medidas de adaptación es mayor en aquellas fincas que tienen café sin sombrío intercalado con caña panelera, en relación con fincas que manejan café con sombrío intercalado con caña panelera, en comparación con aquellas fincas que no han implementado las medidas de adaptación en ambos casos.

De este análisis se concluye que la adopción de medidas para sobrellevar el cambio climático tienen una rentabilidad económica mayor para aquellos cultivos que sufren directamente los rigores de la temperatura y la acción de los rayos solares en el suelo, como es el caso de los cultivos café sin sombrío en monocultivo o café sin sombrío intercalado con caña panelera, en comparación con cultivos como el café con sombrío en monocultivo o café con sombrío intercalado con caña panelera, pues se logra evitar la drástica disminución en la productividad de los cultivos en comparación con la moderada reducción en la productividad de los mismos cuando se maneja el sombrío en el café.

Aunque la rentabilidad privada de las medidas de adaptación en fincas de café con sombrío es menor que en fincas de café sin sombrío en monocultivo o intercalado con caña panelera, sin embargo el primero tiene grandes ventajas desde el punto de vista ambiental ya que con la sombra de los árboles y la cobertura de los suelos con la hojarasca de los árboles, reduce los fuertes impactos de las olas de calor y de la acción directa de los rayos solares, favoreciendo la humedad del suelo (comunicación personal).

con Productores TeSac, Cauca, 2016), aumentando los insectos beneficios y previniendo la erosión (FAO, 2001).

Los resultados de la evaluación financiera de las medidas de adaptación en fincas de café con sombrío intercalado con caña panelera, y café sin sombrío intercalado con caña panelera, se presentan en las tablas 9 y 10 y en las figuras 23, 24, 25, 26, 27 y 28.

Tabla 9. Indicadores de rentabilidad económica privada de las medidas de adaptación en TeSAC Cauca, en café con sombrío intercalado con caña panelera. VPN en COPS.

FINCAS DE CAFÉ CON SOMBRÍO INTERCALADO CON CAÑA PANELERA	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3	Escenario 4	Escenario 5	Escenario 6
VPN (12%)	28.915.383	28.834.588	28.754.869	28.668.361	28.308.564	446.305
TIR (12%)	103%	101%	100%	99%	202%	16%
Recuperación de la Inversión (meses)	9,1	9,3	9,4	9,5	3,0	56,9
VPN (12%) Ingresos Brutos Incrementales	37.599.885	37.599.885	37.599.885	37.599.885	29.918.861	7.681.024
VPN (12%) Costos Incrementales	5.360.331	5.360.331	5.383.456	5.431.483	634.548	4.748.908
RB/C	7,0	7,0	7,0	6,9	47,1	1,6
Fuente: Elaboración Propia con base en Encuestas a Productores del TeSAC Cauca, CIAT, CCAFS, ECOHABITATS 2016						
Escenario 1. Café con sombrío y Huerta (riego por goteo, cosecha aguas lluvias y biofábrica), Ariete, Micro-aspersión y Franjas M.						
Escenario 2. Café con sombrío y Huerta (riego por goteo, cosecha aguas lluvias y biofábrica), Reservorio, Micro-aspersión y Franjas M.						
Escenario 3. Café con sombrío y Huerta (riego por goteo, cosecha aguas lluvias y biofábrica), Bomba T.C. Micro-aspersión y Franjas M.						
Escenario 4. Café con sombrío y Huerta (riego por goteo, cosecha de aguas lluvia y biofábrica), Cosecha agua Potrereros, Micro-aspersión y Franjas M.						
Escenario 5. Café con sombrío con Bomba tipo camandula, Micro-aspersión y Franjas M. sin Huertas.						
Escenario 6. Café con sombrío con Huerta (riego por goteo, cosecha aguas lluvias y biofábrica).						

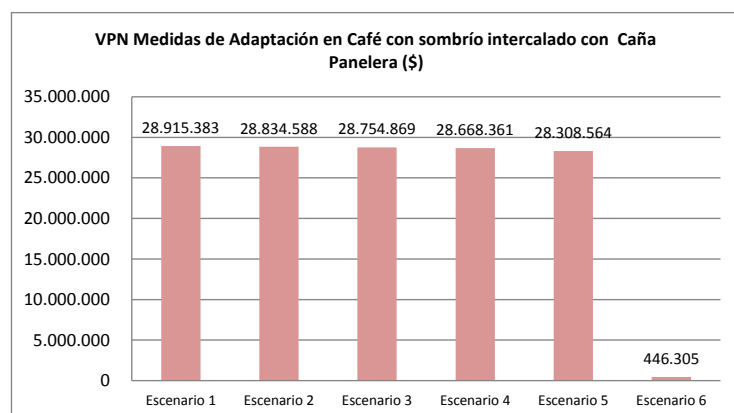


Figura 23. VPN de Medidas de Adaptación, TeSAC Cauca, 2016.

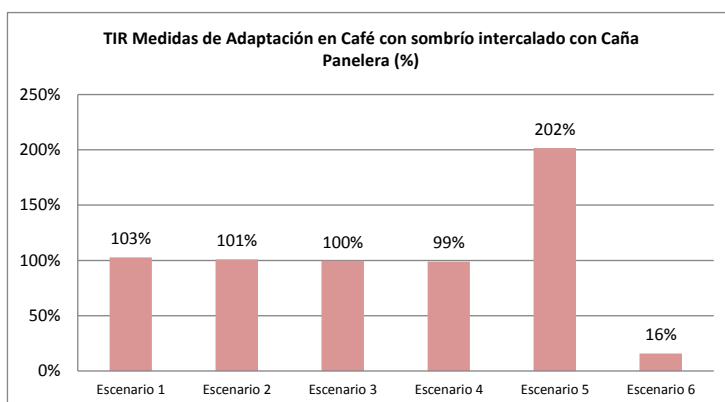


Figura 24. TIR de Medidas de Adaptación, TeSAC, Cauca, 2016..

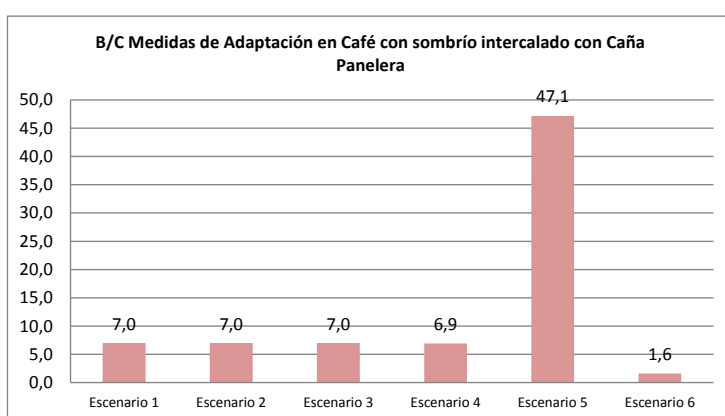


Figura 25. B/C Medidas de Adaptación, TeSAC Cauca, 2016.

Tabla 10. Indicadores de rentabilidad económica privada de las medidas de adaptación en TeSAC Cauca, en café sin sombrío intercalado con caña panelera.

FINCAS DE CAFÉ SIN SOMBRÍO INTERCALADO CON CAÑA PANELERA	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3	Escenario 4	Escenario 5	Escenario 6
VPN (12%)	41.762.577	41.681.782	41.602.063	41.515.555	41.155.757	446.305
TIR (12%)	119%	117%	116%	115%	224%	16%
Recuperación de la Inversión (meses)	6,4	6,5	6,6	6,7	2,0	56,9
VPN (12%) Ingresos Brutos Incrementales	50.447.079	50.447.079	50.447.079	50.447.079	42.766.055	7.681.024
VPN (12%) Costos Incrementales	5.360.331	5.360.331	5.383.456	5.431.483	634.548	4.748.908
RB/C	9,4	9,4	9,4	9,3	67,4	1,6
Fuente: Elaboración Propia con base en Encuestas a Productores del TeSAC Cauca, CIAT, CCAFS, ECOHABITATS 2016						
Escenario 1. Café con sombrío y Huerta (riego por goteo, cosecha aguas lluvias y biofábrica), Ariele, Micro-aspersión y Franjas M.						
Escenario 2. Café con sombrío y Huerta (riego por goteo, cosecha aguas lluvias y biofábrica), Reservorio, Micro-aspersión y Franjas M.						
Escenario 3. Café con sombrío y Huerta (riego por goteo, cosecha aguas lluvias y biofábrica), Bomba T.C. Micro-aspersión y Franjas M.						
Escenario 4. Café con sombrío y Huerta (riego por goteo, cosecha de aguas lluvia y biofábrica), Cosecha agua Potrerros, Micro-aspersión y Franjas M.						
Escenario 5. Café con sombrío con Bomba tipo camandula, Micro-aspersión y Franjas M. sin Huertas.						
Escenario 6. Café con sombrío con Huerta (riego por goteo, cosecha aguas lluvias y biofábrica).						

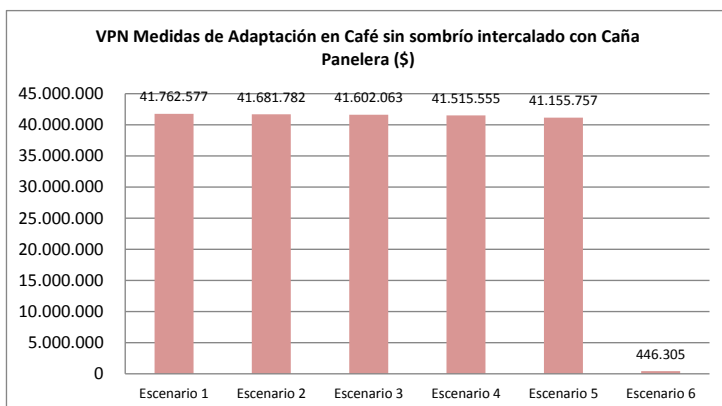


Figura 26. VPN de Medidas de Adaptación, TeSAC Cauca, 2016.

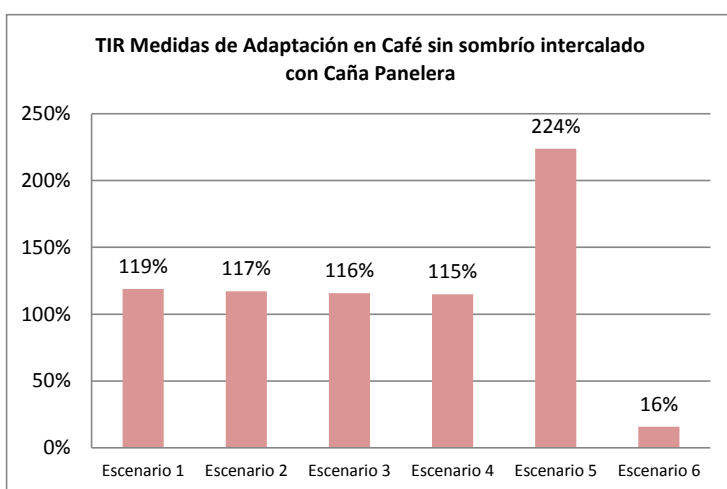


Figura 27. TIR de Medidas de Adaptación, TeSAC, Cauca, 2016..

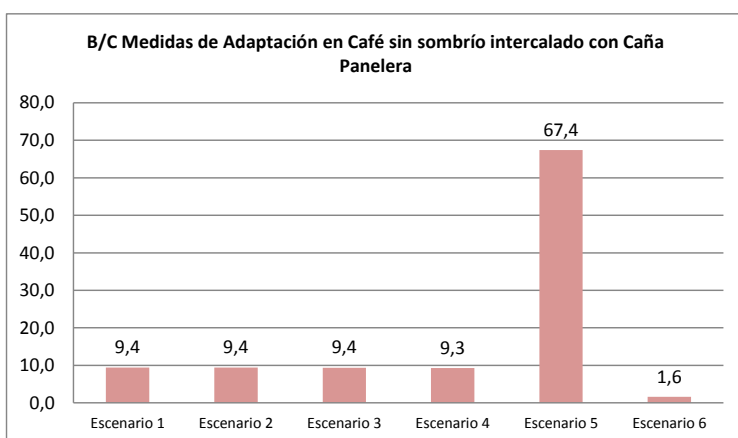


Figura 28. B/C Medidas de Adaptación, TeSAC Cauca, 2016.

B. Análisis de resultados para los escenarios 5 y 6 en fincas de café con sombrío intercalado con caña panelera y café sin sombrío intercalado con caña panelera.

Escenario 5. Implementación de Medidas de Adaptación sin la inclusión de Huertas Familiares en fincas de café con sombrío intercalado con caña panelera y café sin sombrío intercalado con caña panelera. Efecto Productividad de las medidas de provisión de agua únicamente.

En el escenario 5, se incluyen solamente las medidas que abastecen de agua a las fincas en todo el año, pero no se tienen en cuenta, las huertas familiares que generan ingresos por hortalizas.

Los resultados del escenario 5, se presentan igualmente en las tablas 9 y 10. El VPN es igual a \$28.3 millones en café con sombrío intercalado con caña panelera y de \$41.1 millones en café sin sombrío intercalado con caña panelera. Estos valores son un 2% menor respecto al indicador de VPN promedio de los cuatro primeros escenarios, que involucraban las mismas medidas de adaptación para provisión de agua, más la medida de las huertas familiares. Esta situación significa que las medidas de provisión de agua (ariete artesanal, reservorio, bomba tipo camándula, agua en potreros), son las responsables en más de un 98% del excedente económico que genera el programa de medidas de adaptación del TeSAC Cauca, en relación con aquellas fincas que no cuentan con la suficiente disponibilidad de agua especialmente en la época de verano, que se ha venido extendiendo más allá de los tres meses.

En los otros indicadores se aprecia que la TIR es de 202% y 224% para fincas de café con sombrío intercalado con caña panelera y café sin sombrío intercalado con caña panelera respectivamente. La recuperación de la inversión de este escenario 5 es más rápida 3 y 2 meses y la relación beneficio – costo es de 47,1 y 67,4 respectivamente. Estos valores son mucho más favorables que los arrojados por los cuatro primeros escenarios con valores de TIR promedio de 101% y 117%, recuperación de la inversión de 9,3 y 6,6 meses y de relación beneficio – costo de 7,0 y 9,4 respectivamente.

Esta situación se explica porque en fincas de café con sombrío intercalado con caña panelera, los costos incrementales de las medidas de adopción, sin incluir las huertas, disminuyen en un 88%, mientras los ingresos incrementales, sin los ingresos de hortalizas disminuyen en una menor proporción, en un 20%, generando así una mayor rentabilidad privada.

Igualmente en fincas de café sin sombrío intercalado con caña panelera, los costos incrementales disminuyen en un 88%, mientras que los beneficios incrementales disminuyen en un 15%, generando en ambos casos niveles más altos de rentabilidad, en el escenario 5 con respecto a los niveles de los indicadores de rentabilidad de los cuatro primeros escenarios. Esta situación significa que al suprimir los ingresos adicionales que reportan las huertas a través de la producción de verduras y hortalizas, los ingresos totales no se disminuyen tan significativamente, mientras que los costos adicionales bajan ostensiblemente al no tener en cuenta la huerta familiar y su magnitud es igual en fincas que manejan tanto el café con sombrío intercalado con caña panelera y café sin sombrío intercalado con caña panelera. Por esa razón, el escenario 5 es el más atractivo desde el punto de vista económico frente a los demás escenarios.

Escenario 6. Implementación de Huertas Familiares en Fincas de café con sombrío intercalado con caña panelera y café sin sombrío intercalado con caña panelera. Efecto de ingresos por huertas únicamente.

Al igual que en el caso anterior en el escenario 5, se modela la situación de una familia que ha construido su huerta familiar y obtiene ingresos por hortalizas, pero no obtiene ingresos adicionales por mayor productividad en café con sombrío intercalado con caña panelera y café sin sombrío intercalado con caña panelera.

Los resultados financieros del impacto de esta medida son similares a los casos del escenario 6 en fincas de cualquier arreglo productivo de los aquí analizados. El establecimiento de la sola huerta con producción de hortalizas, sin ninguna otra medida de adaptación arroja un VPN muy bajo (\$446.305) frente a la inversión requerida por la medida de la huerta familiar, que requiere cosecha de aguas lluvia, riego por goteo y biofábrica, lo cual asciende a cerca de \$2.500.000. La TIR es del 16%, muy cerca a la tasa de descuento del 12%, punto de equilibrio donde las ganancias son cero.

Este escenario comprueba que debe adelantarse la implementación de las huertas familiares siempre y cuando se acompañen de otras medidas de adaptación que facilitan el suministro permanente de agua, en fincas que manejan cultivos de café en monocultivo o café intercalado con caña panelera. La razón principal es que la inversión en huertas y su efecto ingresos adicionales por la producción de hortalizas no es suficiente para justificar la inversión, se requiere acompañar de medidas que provean agua para contar con el efecto de mayor productividad en los sistemas productivos café y caña panelera.

6. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

Para el análisis de sensibilidad, de acuerdo a la metodología planteada en el estudio, se utiliza el modelo de Novelo, 1994, donde se plantea que:

- Proyectos muy sensibles son aquellos en donde se alcance el punto de equilibrio con una variación menor al 5% en cualquier parámetro.
- Proyectos sensibles son aquellos en donde se alcance el punto de equilibrio con una variación entre el 5% y menor al 10% en los parámetros.
- Proyectos moderadamente sensibles son aquellos en que el punto de equilibrio se alcance con variaciones del 10% al 15% en los parámetros.

Para el análisis de sensibilidad es necesario mantener constante la tasa de descuento, para no alterar los resultados de los indicadores de rentabilidad económica privada del análisis de sensibilidad y poder establecer las diferencias con los indicadores que se han obtenido hasta ahora en ACB.

6.1 Variaciones en parámetros del modelo ACB.

De acuerdo a lo planteado en la metodología de Novelo, 1994, es necesario identificar si las medidas de adaptación corresponden a algunas de las tres categorías de proyectos, muy sensibles, sensibles o moderadamente sensibles.

El análisis de sensibilidad permite saber si el proyecto de medidas de adaptación del TeSAC Cauca, puede tener algún grado de incertidumbre ante posibles cambios en el

entorno macroeconómico, inflación, devaluación, tasas de interés, precios internacionales del café, que puedan repercutir en los precios domésticos del café y/o la caña panelera, en los costos de producción de los cultivos y/o en los costos de las medidas de adaptación y de cualquier variabilidad climática que pueda repercutir en los rendimientos de los sistemas productivos.

Una vez realizado el análisis de sensibilidad, se comprueba que dadas las altas tasas de rentabilidad privada de las medidas de adaptación en los escenarios 1 a 5 de los diferentes arreglos productivos, se puede iniciar el análisis con una variación en los parámetros de un 15%, lo cual situaría el proyecto TESAC como moderadamente sensible ante aumentos de precios, disminución de rendimientos, caída de ingresos en hortalizas y aumentos de costos.

Al correr el análisis de sensibilidad se comprueba que al realizar variaciones en los parámetros entre un 10% y un 15%, se comprueba que las prácticas ASAC, no son moderadamente sensibles a aumentos de un 15% en precios de café y panela, a disminuciones de un 15% en los rendimientos de café y caña, a una caída de 15% en los precios de las hortalizas y a incrementos del 15% en los costos (costos de producción y costo de las medidas de adaptación) de los seis escenarios, excepto en el caso de fincas de café con sombrío en monocultivo.

Estos arreglos productivos incluyendo café con sombrío en monocultivo, aguantan disminuciones de un 20% en los rendimientos de café o caña, igualmente resisten disminuciones de un 20% en los precios de café o panela, y de un 20% en los ingresos de las hortalizas. Esto significaría que se tendría mayor seguridad en la rentabilidad de las prácticas ASAC, ante eventuales cambios en el entorno macroeconómico. Ver tabla 11.

El escenario 6, o sea fincas que manejan sistemas productivos con huertas únicamente, no son viables económicamente ante disminuciones de un 20% en los ingresos de hortalizas y ante un aumento del 10% en los costos de producción y costo de las huertas. Esta medida de adaptación (huerta familiar) es viable siempre y cuando dichas fincas introduzcan otras medidas que provean suficiente agua a los cultivos, especialmente en épocas de sequía, como son, el ariete artesanal, el reservorio, la bomba tipo camándula o la cosecha de agua en potreros, con el fin de contar con el efecto positivo de la mayor productividad de los diferentes arreglos productivos de café y caña panelera y por ende reforzar los ingresos provenientes de las huertas familiares..

Tabla 11. Análisis de sensibilidad en el modelo ACB.

SENSIBILIDAD DEL ANÁLISIS COSTO - BENEFICIO									
INDICADORE	CAFÉ CON SOMBRÍO			CAFÉ SIN SOMBRÍO			CAÑA PANELERA		
	Promedio 4 primeros escenarios	Escenario 5	Escenario 6	Promedio 4 primeros escenarios	Escenario 5	Escenario 6	Promedio 4 primeros escenarios	Escenario 5	Escenario 6
DISMINUCIÓN DEL 20% EN EL PRECIO DE CAFÉ O PANELA									
VPN (12%)	4.129.481	3.254.236	446.305	14.407.236	13.922.499	446.305	17.554.486	17.069.750	446.305
TIR	31%	50%	16%	58%	100%	16%	78%	162%	16%
RB/C	2,4	8,3	1,6	4,3	24,5	1,6	4,9	29,4	1,6
DISMINUCIÓN DEL 20% EN LOS RENDIMIENTOS DE CAFÉ O CAÑA									
VPN (12%)	4.129.481	3.254.236	446.305	14.407.236	13.922.499	446.305	17.554.486	17.069.750	446.305
TIR	31%	50%	16%	58%	100%	16%	78%	162%	16%
RB/C	2,4	8,3	1,6	4,3	24,5	1,6	4,9	29,4	1,6
DISMINUCIÓN DEL 20% EN LOS INGRESOS DE HORTALIZAS									
VPN (12%)	4.675.139	4.427.236	-321.797	17.522.332	17.805.698	-321.797	21.456.396	21.739.762	-321.797
TIR	32%	59%	9%	63%	113%	9%	88%	188%	9%
RB/C	2,8	10,4	1,5	5,5	30,6	1,5	6,4	36,8	1,5
AUMENTO DEL 10% EN LOS COSTOS DE LOS ESCENARIOS									
VPN (12%)	959.400	1.066.332	-3.880.349	13.358.719	13.593.611	-4.328.224	17.395.970	17.630.862	-4.225.036
TIR	16%	20%	#¡NUM!	45%	68%	#¡NUM!	57%	86%	#¡NUM!
RB/C	1,6	1,7	0,9	2,8	4,5	0,9	3,7	7,4	1,0
INDICADORES DE RENTABILIDAD SIN CAMBIO EN PARÁMETROS									
VPN (12%)	5.443.241	4.427.236	446.305	18.290.435	17.805.698	446.305	22.224.498	21.739.762	446.305
TIR	35%	59%	16%	65%	113%	16%	91%	188%	16%
RB/C	2,6	10,4	1,6	5,0	30,6	1,6	5,8	36,8	1,6
Fuente: Elaboración Propia, CIAT, CCAFS, ECOHABITATS, 2016.									

7. Externalidades en el Análisis Costo - Beneficio.

7.1 IDENTIFICACIÓN DE EXTERNALIDADES

En esta sección es necesario identificar las externalidades ambientales y socioeconómicas, antes de ser valoradas. Como ya fue anotado antes, las externalidades son efectos indirectos que se generan por la implementación de las prácticas ASAC sobre los recursos naturales especialmente, traducidos en servicios eco- sistémicos, especialmente en biodiversidad, en la calidad del suelo, agua, en la flora, la fauna y en la disminución o supresión de la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) y/o de la captura de carbono, cuando se introducen especies leñosas o reservas de biomasa arriba o bajo el suelo.

Se supone que el efecto de las medidas de adaptación en medidas para proveer agua a los cultivos y a las huertas, al igual que el reemplazo de fertilizantes o pesticidas inorgánicos, por fertilizantes o pesticidas orgánicos, al igual que el establecimiento de franjas multiestrato, los cuales tienen un beneficio externo o indirecto que se traduce en:

- Mejoramiento de la biodiversidad
- Reducción de la contaminación de suelos y aguas
- Disminución de las emisiones de GEI y/o captura de carbono

EL PROBLEMA: LA SEQUÍA

De acuerdo a los estudios de Ortega en el TeSAC Cauca, y como ya fue mencionado al principio del estudio, las familias identificaron y ponderaron la sensibilidad de las diferentes coberturas de la finca a los impactos de factores de exposición, tales como períodos de sequías, vientos, inviernos, con ponderaciones de 50%, 30% y 20% respectivamente. Se encontró que el café sin sombrero y los potreros son muy sensibles al factor de exposición de sequía y la caña panelera a los vientos.

En este documento el ACB se enfoca **primordialmente al problema de la sequía** que aparece con la mayor ponderación por parte de la comunidad y por cuanto la mayor parte de las medidas de adaptación están dirigidas a enfrentar este fenómeno que afecta la productividad o rendimiento de los sistemas productivos, café y caña panelera. No se cuenta con información de vientos ni de inviernos, ni la respuesta de los sistemas productivos a estos fenómenos climáticos, por lo tanto estos escenarios climáticos no se analizan en este documento.

La escasez de agua en todos sus aspectos conlleva graves costos económicos, sociales e incluso políticos. Es probable que el cambio climático agrave la escasez de agua. Un calentamiento global de 2°C podría llevar a una situación en que “entre 100 y 400 millones más de personas podrían estar en peligro de padecer hambre y entre una a dos mil millones de personas ya no tendrán agua para satisfacer sus necesidades de su consumo, higiene y alimentos” (Winpenny *et al.*, 2013).

A nivel internacional existen varios estudios pero se puede mencionar el caso del impacto que ha tenido la sequía en el PIB de Kenia entre los años 1998 y 2.000 donde se muestra el alto costo económico de la escasez de agua. En general, este hecho redujo el PIB en un 16% durante este periodo y las disminuciones fueron especialmente graves en la producción industrial (58%), hidroeléctrica (26%), agricultura (10%) y ganado (6%) (Winpenny *et al.*, 2013).

A nivel nacional se han tenido grandes problemas con el fenómeno del Niño y de la Niña, especialmente en el sector de la agricultura. Según cálculos realizados por el Ministerio de Agricultura, la presencia de El Niño se traduce en una reducción cercana al 5% en el rendimiento agrícola. Los cultivos más afectados históricamente han sido el fique, la yuca, la palma africana, la cebada, el arroz y la papa (Banco de la República, 2007).

La intensidad del Fenómeno de El Niño hacia finales del 2009 e inicios del 2010 y de La Niña que impactó a finales del 2010 e inicios del 2011, la más fuerte en los últimos 30 años, ocasionó pérdidas económicas importantes en el país. Por ejemplo la caída en la producción cafetera se dio a partir del segundo trimestre de 2011 como consecuencia del Fenómeno de El Niño (FONADE, IDEAM, 2013).

Igualmente el invierno con el exceso de humedad que retarda la floración de los cafetales, y dispersión de plagas y enfermedades como la roya, hicieron que la producción de 2011 cerrara en 7,8 millones de sacos, 18% por debajo de lo proyectado a principio del año (FONADE, IDEAM, 2013).

“Se ha estimado que un incremento de 2°C en la temperatura representaría una pérdida del 1.3% del PBI del sector productivo de América Latina” (Mendelsohn *et al.*, 2000). En Colombia el sector agrícola particularmente viene perdiendo participación en el PIB total de la economía (FONADE, IDEAM, 2013).

La sequía y la mayor temperatura por las olas de calor en el verano intenso genera una pérdida de la humedad del suelo que han proporcionado las lluvias y perjudica el desarrollo del cultivo, disminuyendo los rendimientos, eliminando los insectos benéficos e incrementando la erosión (FAO, 2001).

El TeSAC Cauca, como ya fue mencionado, presenta una temperatura que oscila entre 15 a 25°C, una precipitación entre 2.300 a 3.000 mm al año. La época seca, presenta bajos volúmenes de lluvia entre los meses de junio y septiembre, con precipitación promedio mes de 89,5 mm con base en la estación SATE, 1971-2014. Tomando como fuente los datos históricos de precipitación en la finca Piedra Negra, el promedio fue de 80,7 entre 2011 y 2015, para los mismos meses Junio-Septiembre. Si se toma el período Junio-Agosto los datos de precipitación son más bajos, para SATE, 77, y para la finca Piedra Negra 61 mm respectivamente (Ortega, 2015) (Figura 29).

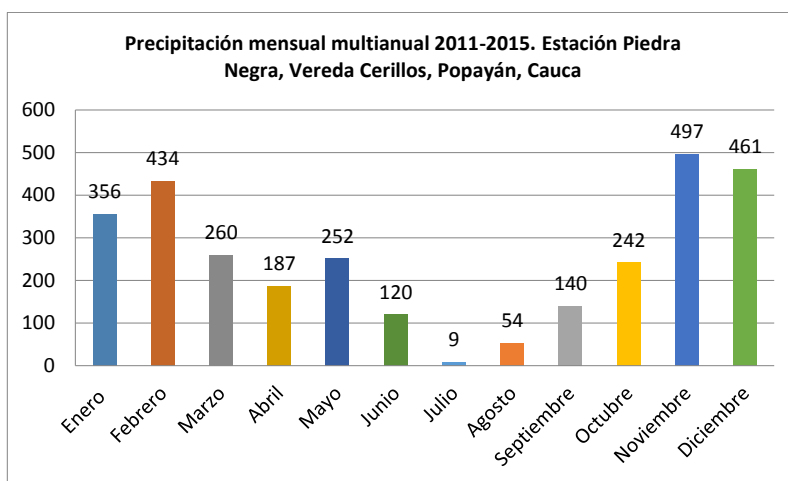


Figura 29. Precipitación Mensual Multianual, TeSAC Cauca, Tomado de Ortega, 2015.

En el estudio de PNUD y la Fundación Río Piedras, 2011, se relacionan varios eventos de sequía ocurridos en la sub-cuenca del Río Molino en la Meseta de Popayán, y allí se identificaron 10 eventos de sequía entre 1971 y 2006, siendo 6 de ellos de sequía moderada y 4 de extrema sequía (Septiembre 1983, Marzo 1995, Noviembre/97 y Febrero/98 y Mayo-Junio 2001. Se deduce igualmente un rango promedio de 4 años entre un evento de sequía y el siguiente.

Igualmente, el estudio identificó para el mismo período 1971-2006, 15 eventos de excesos hídricos en Popayán, de los cuales solo 2 fueron excesos hídricos extremos y fueron complementarios de los excesos moderados. Estos ocurrieron de Julio a Septiembre de 1973 y en Diciembre de 2005 (Fundación Río Piedras y PNUD, 2011).

La sequía puede causar un amplio abanico de impactos tanto en hábitats naturales como agrícolas, como la pérdida de biodiversidad, **degradación** de los suelos, y potencialmente una eventual desertificación. Los suelos altamente degradados con baja porosidad y bajo contenido de materia orgánica no tienen la capacidad para almacenar mucha agua y, por lo tanto, no tienen mucha disponibilidad de agua para el crecimiento del cultivo. En regiones áridas con pocas lluvias, la humedad del suelo es de vital importancia (FAO, 2005).

La degradación del suelo tiene también importantes implicaciones para la mitigación y la adaptación al cambio climático, ya que la pérdida de biomasa y de materia orgánica del suelo desprende carbono a la atmósfera y afecta la calidad del suelo y a su capacidad de mantener el agua y los nutrientes (FAO, 2005).

LAS PRÁCTICAS ASAC

En el caso del TeSAC Cauca, se han introducido siete (7) prácticas ASAC, a partir del año 2015, para la provisión de agua:

- Ariete artesanal
- Reservorio
- Bomba tipo Camándula
- Cosecha agua en potreros
- Micro-aspersión portátil
- Cosecha aguas lluvia
- Riego por goteo

Algunas de estas medidas son complementarias y otras son sustitutas, para proveer el agua a los cultivos de café y caña panelera y también a las huertas para la producción de verduras y hortalizas. Las medidas sustitutas están en la posibilidad de usar el ariete artesanal, o el reservorio, o la cosecha de agua en potreros, o la bomba tipo camándula, dependiendo de las condiciones topográficas de las fincas y de las fuentes de agua disponible, por ejemplo la bomba tipo camándula requiere de un pozo de agua subterránea.

Las huertas familiares para la producción de hortalizas, requiere de medidas complementarias, como son, la cosecha de aguas lluvia, riego por goteo y biofábrica para la producción de los abonos orgánicos.

Igualmente los productores del TeSAC Cauca, han adicionado a estas prácticas ASAC, otras medidas como son, un buen manejo del suelo, mediante el uso del rastrojo para cubrir el suelo, la labranza cero y el sombrío para el café, sembrado en asocio con frutales, plátano y árboles maderables como el guamo santafereño, que se utiliza en sistemas agroforestales con café, por su rápido crecimiento, tolerancia a suelos ácidos, amplio rango de adaptación, alta producción de biomasa de hojas y reciclaje de nutrientes, además que contribuye al control de arvenses y de la erosión de los suelos (Farfán *et al.*, 2010). Se ha encontrado que los sistemas agroforestales de café y cacao con guamo son depósitos importantes de carbono, entre 72,5 y 75,7 t/ha y los contenidos de carbono almacenados en el suelo son el producto del flujo constante de materia orgánica aportada por la biomasa vegetal (Corral *et al.*, 2006).



Reservorio , TeSAC Cauca, 2016.



Bomba Tipo Camándula de Pedal, TeSAC, Cauca.



Captación de Aguas Lluvia, TeSAC, Cauca.



Riego por goteo, TeSAC, Cauca, 2016.



Ariete Artesanal, TeSAC Cauca, 2016.

7.1.1 BENEFICIOS INDIRECTOS DE LAS MEDIDAS DE ADAPTACION PARA LA DISPONIBILIDAD Y MANEJO DEL AGUA.

A continuación se describen los beneficios externos de las Prácticas ASAC implementadas en el TeSAC Cauca, mediante la implementación de medidas de provisión de agua como son, Ariete Artesanal, Reservorio, Bomba Tipo Camándula, Cosecha de agua en potreros, Micro-aspersión portátil, Cosecha aguas lluvia, Riego por goteo. Estas dos últimas medidas se utilizan para la producción de hortalizas en las huertas familiares orgánicas

7.1.1.1 Beneficios socio-económicos

El valor económico del agua es particularmente evidente en las situaciones de escasez de agua. El uso del riego puede valorarse de dos maneras diferentes. La productividad marginal del agua (el valor extra de la producción que puede obtenerse de aplicaciones adicionales de agua) puede estimarse a partir de los cambios en el rendimiento del cultivo durante pruebas con diferentes dosis de riego (Winpenny *et al.*, 2013).

El riego por goteo consiste en la aplicación frecuente de pequeñas cantidades de agua directamente a las raíces de los cultivos. Esta tecnología tiene la ventaja de ahorrar agua, incrementar los rendimientos de los cultivos y reducir la salinización de los suelos (FAO, 2.002).

En Cabo Verde, África, la horticultura tuvo éxito pero su escalamiento se vio limitado por la disponibilidad de agua, debido a que la precipitación promedio es muy baja en la isla, alrededor de 230 mm/año. El riego por goteo fue instalado primero en parcelas experimentales y luego en los campos de los agricultores. El nuevo sistema incrementó la producción con ahorro de agua, permitiendo la expansión de la superficie bajo riego y de la intensidad de cultivo. Igualmente se concluyó que tecnologías como las bombas de pedal y el bombeo de agua con pequeños motores diesel o eléctricos permiten a los agricultores de escasos recursos manejar sus propios sistemas de acuerdo a sus necesidades, siempre que se disponga de agua localmente. En Zambia, El Programa Especial para la Seguridad Alimentaria (PESA) se introdujeron bombas de pedal que podían extraer agua de una profundidad de ocho (8) metros con un caudal de 1,5 litros/segundo. Se hicieron modificaciones para adaptar las bombas a las condiciones locales, el resultado más importante obtenido es la disponibilidad de verduras frescas en los hogares en Zambia (FAO, 2.002).

7.1.1.2 Beneficios ambientales

Las prácticas de captación de lluvia disminuyen el riesgo de erosión al disminuir la escorrentía libre del agua sobre las tierras, especialmente en laderas (FAO, 2.000)

La captación del agua de lluvia in situ, promueve la conservación de los recursos naturales, principalmente suelo y agua, tan limitantes en las regiones áridas y semiáridas además de proporcionar incrementos significativos en la productividad agrícola, una mayor oferta de alimentos y por consiguiente, mejorar la calidad de vida en el medio rural (FAO, 2000, p.113)

Con la disponibilidad de fuentes de agua, se reduce apreciablemente el riesgo de perder cosechas y se logran rendimientos significativamente más altos. Por ejemplo, en el semiárido brasileño, los rendimientos promedio de frijol caupí y maíz, cultivados tradicionalmente, son de 300 y 450 kg/ha, respectivamente. Con el sistema de embalses, se ha logrado un rendimiento promedio, a nivel de pequeños productores, de 1.000 kg/ha para el cultivo de frijol caupí y 1.200 kg/ha para el cultivo de maíz. Además, en casos comprobados durante un registro de 10 años, en tres años, se ha logrado obtener dos cosechas por año. (FAO, 2.000)

El reservorio o sistema de embalse para riego es sostenible puesto que conserva el suelo, el agua, no contamina el medio ambiente y tiene una producción rentable.

En el caso del café con sombrío, se logra la conservación de la humedad en el suelo, con la protección de los árboles, el manejo del agua, el rastrojo y la labranza cero, se han obtenido, según los estudios de FAO (2000, 2005) los siguientes beneficios:

- Reduce la erosión de los suelos especialmente en zonas de ladera, por la acción de la lluvia y el viento, lo cual se contrarresta con la cobertura de los rastrojos y de la hojarasca de los árboles, que conserva la humedad del suelo que proporciona el riego en épocas secas.
- Se incorpora mayor cantidad de materia orgánica en el suelo, por la descomposición del rastrojo y los residuos de las cosechas de café y caña panelera, mejorando la población de microorganismos benéficos y a su vez mejorando la infiltración, permeabilidad, aireación y retención de la humedad del suelo. Se controla la cantidad de malezas y se fomenta la población de insectos depredadores para el control de plagas del suelo.
- Se reduce el impacto de las gotas de lluvia y se disminuye la velocidad de la escorrentía.

En conclusión, la disponibilidad y manejo eficiente del agua con Prácticas ASAC, es un factor clave para el logro de mejores resultados en los cultivos traducidos en mayores rendimientos (con suficientes nutrientes), menor riesgo de pérdidas debido a la sequía y recarga del agua subterránea (Benítez J. y Castellanos A., 2005) (Tabla 12).

Tabla 12. Identificación de Externalidades Positivas o Beneficios Indirectos producto de la adopción de Prácticas ASAC en TeSAC Cauca. Medidas para consecución permanente de agua: Ariete Artesanal, Reservorio, Bomba Tipo Camándula, Cosecha de agua en potreros, Micro-aspersión portátil, Cosecha aguas lluvia y Riego por goteo.

Beneficios indirectos sobre Biodiversidad	Beneficios indirectos sobre Suelo y Agua	Reducción de Emisiones de GEI (Secuestro de Carbono)	Beneficios socioeconómicos indirectos
Con disponibilidad permanente de agua: -Se mantiene estable o se incrementa la biodiversidad del suelo, especialmente en verano. - Se incorpora mayor cantidad de materia	-El riego por goteo disminuye el riesgo de lavado de fertilizantes y evita la contaminación del suelo y las fuentes de agua. -El riego por goteo	Evita la aplicación de mayores cantidades de fertilizantes y reduce la	-Con disponibilidad permanente de agua: -Menor riesgo de pérdidas de cosechas por la sequía. -El riego por goteo optimiza el uso del agua en los cultivos, evitando mayores costos.

orgánica. - Se aumenta la población de microorganismos benéficos. - Se mejora la infiltración, permeabilidad, aireación y retención de la humedad del suelo. - Se fomenta la población de insectos depredadores. - Se controla la cantidad de malezas.	evita la salinización del suelo. -Se reduce el impacto de las gotas de lluvia sobre el suelo y se disminuye la velocidad de la escorrentía.	emisión de GEI.	
--	--	-----------------	--

Fuente: PASOLAC, 2.000, FAO 2005, FAO 2006. y MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA, MAG, 2010.

7.1.2 BENEFICIOS EXTERNOS DE LA BIOFÁBRICA Y EL EMPLEO DE ABONOS ORGÁNICOS.



Biofábrica TeSAC Cauca, 2016.



Preparación de Abonos Orgánicos, TeSAC Cauca.

Las familias del TeSAC Cauca, utilizan los abonos orgánicos (de origen natural) para la producción de hortalizas y para los cultivos de café elaborados con base en lombri-compost, estiércol de ganado, gallinaza, cascara o pulpa de café, hojas y bagazo de caña, hojarasca, pastos, insumos que son producidos en la misma finca y cuya preparación ha requerido capacitación impartida por instructores de la Fundación Ecohabitats.

Los abonos orgánicos están siendo utilizados principalmente en la producción de hortalizas y en forma combinada en los cultivos de café y caña panelera, con fertilizantes inorgánicos en un proceso de transición que se ha iniciado desde hace dos (2) años y que puede tomar un período largo.

Los abonos orgánicos tienen beneficios sobre los recursos naturales, según la revisión de literatura citada al respecto:

7.1.2.1 Beneficios socio-económicos

- Ahorra costos de fertilización frente a la aplicación de agroquímicos, pues se utilizan los residuos de las fincas, gallinaza y otros insumos propios, para la elaboración de los abonos orgánicos.
- Disminuye el riesgo tóxico en personas y animales, debido a la no utilización de fertilizantes a base de combustibles fósiles, reduciendo el número de visitas a los centros de salud y por ende disminuyendo el costo del tratamiento de enfermedades o infecciones.
- Mayor utilización de mano de obra en elaboración de abonos orgánicos, empleando la mano de obra familiar.
- Se adquieren nuevos conocimientos para el manejo sostenible de las fincas en lo económico y ambiental.

7.1.2.2 Beneficios ambientales

Beneficios para el Suelo

El empleo de abonos orgánicos de origen natural en las fincas permite incrementar la biodiversidad del suelo y disminuir las pérdidas de nutrientes, beneficiar la fauna y la flora del suelo, mejorar la formación y estructura del suelo, propiciando sistemas más estables. Los microorganismos del suelo se ven favorecidos por el incremento de la población bacteriana del suelo al ser mayor el uso de materia orgánica como estiércol y compost fundamentalmente (Eliebach *et al.*, 2006)

Esta condición de mantener a toda costa las coberturas vegetales, la cumplen en el TeSAC Cauca las fincas que cultivan café con sombrío, produciendo café en sistemas agroforestales, principalmente con el Guamo Santaferense. Estas prácticas protegen el suelo de la exposición a los rayos ultra violeta, lo que evita la evaporación del agua y la degradación de la materia orgánica del suelo (IGAC (2015)).⁷ Además el empleo de franjas multiestrato y de abonos orgánicos, favorece la resiliencia (capacidad de resistencia del suelo a la sequía o a la escorrentía).

Beneficios para el Aire

La utilización de abonos orgánicos en forma eficiente y con un buen manejo reduce la utilización de combustibles fósiles al sustituir fertilizantes químicos inorgánicos por orgánicos, contribuyendo a mitigar el efecto invernadero mediante su capacidad de retener el carbono en el suelo. (FAO, 2005). Un manejo deficiente del compostaje puede aumentar la emisión de GEI, al aumentar la descomposición de los elementos químico orgánicos.

⁷ Según el IGAC (2015), la conservación de los suelos depende fundamentalmente de dos actividades, primero mantener a toda costa las coberturas vegetales y segundo mantener un elevado porcentaje de materia orgánica, con el fin de aumentar la microporosidad y mantener la humedad en el suelo (Rodríguez, 1993; Urzúa, 2000b)

Beneficios para la Biodiversidad

La sustitución de abonos orgánicos por insumos químicos, propician un hábitat adecuado para la flora y la fauna silvestres. Al no utilizar plaguicidas, se propicia la llegada o se evita la extinción de especies de flora y de fauna -como algunas aves- (de tipo permanente o migratorio) y de organismos benéficos para el sistema de producción orgánica, como polinizadores y depredadores de las plagas (FAO, 2.006). Ver tabla 13.

Una revisión de literatura indica que en tres casos de investigaciones de micorrizas como biofertilizantes se encontraron los siguientes resultados:

En el Centro de Investigaciones y Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional en México, encontró que las micorrizas igualan o amplían los rendimientos hasta 70% en tomate. De manera correspondiente, las aplicaciones de fertilizantes a base de fósforo se reducen hasta en un 50%. Las micorrizas contribuyen al uso más eficaz del agua y aumentan el vigor de la planta para aguantar condiciones de sequía o escasez de agua.

Científicos de la Universidad Autónoma de México descifraron la secuencia del genoma de la bacteria *Rhizobium etli*, una Rhizobiácea inocua, huésped de la planta del frijol, y que permitió el desarrollo de biofertilizantes, los cuales mejoran la calidad de los cultivos de frijol y reducen el uso agrícola de fertilizantes nitrogenados. Los beneficios se aprecian en términos económicos, y además eliminan los efectos nocivos de la fertilización nitrogenada en la absorción, asimilación y disponibilidad de los diferentes nutrientes como el fósforo (<http://ftp.fao.org/docrep/fao/010/a1359s/a1359s03.pdf>).

En una investigación, en la Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey", en Cuba, sobre aplicación de biofertilizantes en pastos, se encontró que los suelos con altos contenidos de P la inoculación con micorriza incrementa el crecimiento y el establecimiento temprano de los cultivos, se incrementan los rendimientos (entre 15 y 50%). Se obtienen beneficios adicionales al proteger las raíces contra ciertos hongos patógenos. "Además, el biofertilizante permite ahorrar hasta un 50% del volumen de los productos químicos necesarios, lo que favorece la reducción de los insumos y de los costos, e influye en el ejercicio de una agricultura sostenible y ecológicamente más sana" (Noda Yolai, 2009).

Las micorrizas o biofertilizantes, permiten un notable ahorro de fertilizantes nitrogenados y evitan la contaminación de los suelos, en algunos casos donde la fijación puede alcanzar 30 kg de nitrógeno por ha/año, en cultivos de suelos encharcados como el arroz, a través del empleo de eubacterias fototrofas como *Rhodobacter* y algunas cianofíceas, algas verdes azuladas: *Azolla*, *Anabaena* y *Nostoc*. En otros casos, bacterias que pertenecen al género *Clostridium* (anaeróbicos), *Azotobacter*, *Azospirillum* y *Beijerinckia* (aeróbicos), pueden alcanzar los 100 kg. de N por ha/ año, con cultivos forrajeros tropicales (*Panicum maximum*) y con cultivos de maíz, caña de azúcar, trigo, centeno y sorgo (De Felipe Antón, 2004).

Las micorrizas entonces pueden aportar entre 30 y 100 kg. de N por ha/año, dependiendo del tipo de bacterias utilizadas. Esto significa que en el caso de café se podrían sustituir en promedio 65 kg de fertilizante nitrogenado por valor de \$97.500/ha/año y en caña panelera que utilizan los agricultores el triple 15, se podrían sustituir 26 kg con un costo evitado de \$41.600/ha/año. Esta sustitución tiene en cuenta que el porcentaje de eficiencia del fertilizante nitrogenado está entre un 50 a 60%, mientras que el de las

micorrizas es cercano al 100%, evitando al mismo tiempo los perjuicios ambientales o externalidades negativas de los fertilizantes nitrogenados, donde se pierde parcialmente por lixiviación y se evita la volatilización del amonio, contaminantes de suelos, plantas, aguas, animales e, inclusive, seres humanos (Rodríguez, 1993; Urzúa, 2000b).

Tabla 13. Identificación de Externalidades relacionadas con la adopción de Medidas de Adaptación en TeSAC Cauca: Biofábrica (Elaboración de Abonos Orgánicos)

Biodiversidad	Contaminación de Suelo y Agua	Emisiones de GEI (Secuestro Carbono)	Beneficios socioeconómicos
-Los abonos orgánicos: -Mejoran las características biológicas del suelo, a través de retención de carbono en el suelo. -Favorece la presencia de micorrizas, fundamentales para la captación de nutrientes y agua del suelo. -Incrementa la biodiversidad (fauna y flora del suelo).	-Los abonos orgánicos: -Evitan o disminuyen la contaminación de suelos y aguas subterráneas, ríos y quebradas. -Evitan o mitigan la erosión del suelo. -Disminuyen la compactación y aumenta la porosidad del suelo. -Mejoran la formación y estructura del suelo, para sistemas más estables. - Evita la pérdida de nutrientes en el suelo. - Se incrementa la población bacteriana del suelo. -Aumenta la acción de los hongos y bacterias que favorecen el suelo. -Ayudan a retener los nutrientes del suelo. -Permiten la fijación de carbono en el suelo y mejoran la capacidad de absorber agua. -La materia orgánica crea un ambiente que facilita el desarrollo de organismos como las lombrices.	-Los abonos orgánicos: -Reducen las emisiones de GEI, al evitar el uso de agroquímicos de origen sintético. -Los biofertilizantes a base de micorrizas pueden fijar en promedio 65 kilos de nitrógeno por ha/año, lo cual reduce hasta en un 28% la aplicación de fertilizante nitrogenado en café, evitando contaminación a través de la lixiviación o volatilización del amonio (NH₄).	- Los abonos orgánicos: -Disminuyen el riesgo tóxico en personas y animales. - Favorecen la salud de los agricultores. -Reducen el costo de tratamiento de enfermedades o infecciones. --Utilización mano de obra familiar en su elaboración. -Las familias adquieren nuevos conocimientos para el manejo sostenible de sus fincas. -Se producen alimentos saludables, con beneficio para los consumidores.

Fuente: PASOLAC, 2.000; MAG, 2010; FAO 2005.

7.1.3 BENEFICIOS DE LAS HUERTAS FAMILIARES ORGÁNICAS.

Las huertas familiares del TeSAC Cauca, se destinan a la producción de hortalizas, en un sistema que incluye las siguientes medidas de adaptación: Captación de aguas lluvia,

Riego por goteo y utilización de los Abonos orgánicos elaborados en la biofábrica de la propia finca.



Huerta Vertical, TeSAC, Cauca, 2016.



Producción de Lechuga y Acelga, TeSAC, Cauca.



Huerta Familiar Orgánica, TeSAC Cauca.



Huerta Rectangular de 9 x 5 m2, TeSAC Cauca.

Las huertas familiares proveen los siguientes beneficios a las familias del TeSAC Cauca:

7.1.3.1 Beneficios socioeconómicos.

- ❖ Se fortalece la cultura campesina y la soberanía alimentaria.
- ❖ Contribuye a garantizar la seguridad alimentaria todo el tiempo, pues su producción es escalonada y permanente, debido a que no se depende de las lluvias para la producción.
- ❖ Las mujeres del hogar se empoderan de esta actividad productiva con gran esmero y dedicación.
- ❖ Las verduras y hortalizas orgánicas tienen mejores oportunidades de mercado y generan ingresos adicionales.
- ❖ Se obtienen alimentos saludables, sin sustancias químicas con beneficio para la familia, para contribuir a una mejor nutrición y a una prevención de enfermedades infecciosas

Según estudios científicos las hortalizas y verduras producidas en huertas orgánicas contienen mayor cantidad de vitaminas y sales minerales que aquellos cultivados tradicionalmente con agroquímicos (UNICEF, 1995).

7.1.3.2 Beneficios ambientales

- ❖ El riego por goteo tiene la ventaja de ahorrar agua, incrementar los rendimientos de los cultivos y reducir la salinización de los suelos (FAO, 2000).
- ❖ El uso de abonos orgánicos para la producción de hortalizas recupera la materia orgánica del suelo y permiten la fijación de carbono en el suelo, así como la capacidad de absorber agua (FAO 2.005)
- ❖ La utilización de abonos orgánicos para la producción de hortalizas evita o disminuye la contaminación de suelos y aguas subterráneas, ríos y quebradas (PIANN MAZAHUA).
- ❖ Los abonos orgánicos en la producción de hortalizas reducen las emisiones de GEI, respecto a lo que sucedería con el uso de fertilizantes químicos (PIANN MAZAHUA) (Tabla 14).

Tabla 14. Identificación de Externalidades relacionadas con la adopción de Prácticas ASAC en el TeSAC Cauca: Huertas Familiares con Captación de Aguas Lluvia, Riego por Goteo y Abonos Orgánicos.

Biodiversidad	Contaminación de Suelo y Agua	Emisiones de GEI (Secuestro de Carbono)	Beneficios socioeconómicos
-El uso de abonos orgánicos para la producción de hortalizas recupera la materia orgánica del suelo y permite la fijación de carbono en el suelo, así como la capacidad de absorber agua.	-La utilización de abonos orgánicos para la producción de hortalizas evita o disminuye la contaminación de suelos y aguas subterráneas, ríos y quebradas.	-Los abonos orgánicos en la producción de hortalizas reducen las emisiones de GEI, respecto a lo que sucedería con el uso de fertilizantes químicos.	Con el establecimiento de las Huertas familiares: -Se fortalece la cultura campesina y la soberanía alimentaria. -Se contribuye a garantizar la seguridad alimentaria todo el tiempo, pues su producción es permanente. -Las mujeres del hogar se empoderan de las mismas con gran esmero y dedicación. -Las hortalizas orgánicas tienen mejores oportunidades de mercado y se venden a mejores precios relativos. -Se producen alimentos saludables en las propias fincas, sin sustancias químicas con beneficio para la familia, para una mejor salud.

Fuente: PASOLAC, 2.000; FAO, 2005; FAO 2.006 y MAG, 2010, Costa Rica.

7.1.4 BENEFICIOS DE LAS FRANJAS MULTIESTRATO



Figura 30. Franjas Multiestrato

7.1.4.1 Beneficios socioeconómicos.

Las Franjas Multiestrato tienen los siguientes beneficios socio-económicos:

- ✚ Los árboles producen frutos y follaje para el forraje, lo cual permite tener una dieta económica para el ganado y otras especies menores en la finca.
- ✚ Protegen a cultivos contra el viento, lo cual minimiza pérdidas de cultivos.
- ✚ Mejoran el paisaje, lo cual permite incluir mayor valorización de las fincas, con relación a aquellas que no poseen estas medidas de adaptación (Tabla 15).

Estudios recientes han evidenciado que paisajes fragmentados o agropecuarios pueden mantener una proporción de la biodiversidad original al exhibir una cobertura arbórea en forma de relictos de bosque, charrales o tacotales, cercas vivas y árboles dispersos (Tobar D.E & Ibrahim Muhammad, 2010).

7.1.4.2 Beneficios ambientales

Las cercas vivas y los árboles dispersos en potreros, al igual que los sistemas silvopastoriles y agroforestales en general, son hábitats perturbados y manejados por el hombre que han demostrado tener un papel importante en la conservación de los suelos, clima, agua y diversidad biológica (Casasola *et al.*, 2009, en Tobar e Ibrahim, 2010).

Diversos estudios han mencionado que las cercas vivas y los árboles dispersos en potreros pueden contribuir a la conservación de la biodiversidad, debido a que pueden servir como corredores biológicos para la fauna y flora silvestre (Beer *et al.*, 2003), también proveen servicios ambientales como almacenamiento de carbono, conservación de la biodiversidad (citado en Tobar e Ibrahim M. (2010).

En términos de biodiversidad las Franjas Multiestrato según la revisión de literatura de Martínez *et al.*, 2004, proveen los siguientes beneficios:

- ✚ Proporcionan abono verde, forraje y/o leña mediante las podas.
- ✚ Actúan como corredores biológicos para las plantas y animales.
- ✚ Funcionan como barreras vivas para controlar la erosión
- ✚ Protegen el suelo a través del establecimiento de árboles.
- ✚ Conservan la humedad en los terrenos de ladera.

- ✚ Reducen la velocidad del agua en laderas y también disminuye la velocidad del viento (rompeviento).
- ✚ Actúan como filtro capturando los sedimentos que van en el agua de escurrimiento.
- ✚ Se logra la captura de carbono por la presencia de árboles en las franjas Multiestrato (Tabla 15).

Tabla 15. Identificación de Externalidades relacionadas con la adopción de Medidas de Adaptación en TeSAC Cauca: Franjas Multiestrato.

Biodiversidad	Contaminación de Suelo y Agua	Emisiones de GEI (Secuestro de Carbono)	Beneficios socioeconómicos
Las Franjas Multiestrato: -Proporcionan abono verde, forraje y/o leña mediante las podas. -Actúan como corredores biológicos para las plantas y animales.	Las Franjas Multiestrato: -Funcionan como barreras vivas para controlar la erosión -Protegen el suelo a través del establecimiento de árboles. -Conservan la humedad en los terrenos de ladera. -Reducen la velocidad del agua en laderas y también disminuyen la velocidad del viento (rompevientos). -Actúan como filtro capturando los sedimentos que van en el agua de escurrimiento.	Las Franjas Multiestrato: -Capturan carbono por la presencia de árboles en las franjas. -Protegen y mejoran el suelo y el aire.	Las Franjas Multiestrato: -Los árboles producen frutos y forraje para los animales. -El follaje de los árboles se puede utilizar para forraje. -Las franjas Multiestrato mejoran el paisaje y valorizan las fincas. -Protegen a cultivos y animales del viento.

Fuente: PASOLAC, 2.000; MAG, 2010; FAO, 2006; SAGAR, USAID- MIDA, 2004; Martínez M., *et al.*, 2004.

7.2. VALORACIÓN DE EXTERNALIDADES

Una vez identificadas las externalidades que generan las prácticas ASAC sobre la biodiversidad, el suelo, el agua y la mitigación de Gases Efecto Invernadero (GEI), al igual que las externalidades socioeconómicas, se procede a cuantificar y valorizar dichas externalidades para incorporarlas en el Análisis Costo – Beneficio (ACB).

Dado que el ACB está elaborado con base en costos de producción de una (1) hectárea ya sea de café o de caña panelera, entonces se procede a valorizar las externalidades tomando esta misma extensión de terreno. Según las encuestas realizadas a los productores del TeSAC Cauca, en el 64% de las familias encuestadas el área del cultivo, café o caña panelera, está entre 0,25 y 1ha y el 36% es de una a 3 hectáreas.

7.2.1 Reducción de emisiones de Gases Efecto Invernadero (GEI).

Se asume la reducción de GEI, por efecto de la adopción de medidas de mitigación por sustitución de fertilizantes químicos inorgánicos por abonos orgánicos gradualmente, en el período de análisis del proyecto que se ha determinado en 12 años. Se hace el supuesto de sustitución de un 25% en el año 1, 50% en el año 4, 75% en el año 8 y el 100% de las fincas en el año 12.

El impacto ambiental de la medida de mitigación es que se está evitando la contaminación de suelos y aguas e igualmente se está reduciendo la emisión de CO₂-eq, por la sustitución gradual en 12 años de la aplicación de fertilizantes nitrogenados⁸. En este caso se estima la cantidad de reducción de emisiones de GEI, debido a la introducción de las medidas de mitigación.

Para valorizar la cantidad de emisiones de dióxido de carbono (CO₂) reducidas, se utiliza el precio sombra, en este caso el precio internacional del carbono. La valoración del dióxido de carbono evitado se puede expresar en valor económico como el valor total de CO₂ evitado que se puede incorporar como un beneficio externo en la estimación de la rentabilidad económica. Este valor de dióxido de carbono evitado es un beneficio social para la comunidad y se puede agregar a la rentabilidad económica privada. (Sain, 2015)

El procedimiento es el siguiente:

CAFÉ CON SOMBRÍO. Para una finca con café con sombrío se estima que se aplican 80 gramos⁹ de fertilizante nitrogenado (17-6-18-2) por ha/año por planta de café. En 5.000 plantas por ha, son 400 kilos, por 3 veces al año, serían 1.200 kilos de fertilizante nitrogenado por ha/año. Igualmente se aplican 85 gramos de fertilizante foliar 25-4-24 por planta para 5.000 plantas para un total de 425 kilos 2 veces al año, serían 850 kilos/ha/año. Sumando las dos partidas de fertilizante son 2.050 kilos ha/año. Ver tabla 16.

CAFÉ SIN SOMBRÍO Para una finca con café sin sombrío, se utilizan 100 gramos de fertilizante nitrogenado (17-6-18-2) por planta en 5.000 plantas por ha, 3 veces al año, es decir 1.500 kilos ha/año y 85 gramos de fertilizante foliar 25-4-24 por planta para 5.000 plantas, 2 veces al año, es decir 850 kilos/ha/año. Sumando las dos partidas de fertilizante son 2.350 kilos ha/año. Ver tabla 17.

CAÑA PANELERA. Para una finca con caña panelera, se utilizan en promedio 7 bultos de 50 kilos por ha/año de fertilizante 15-15-15, es decir 350 kilos en el ciclo de cosecha. Ver tabla 18.

⁸ Se ha estimado que cada tonelada de fertilizante produce 92,3 toneladas de CO₂, de acuerdo con el total de emisiones de CO₂, por concepto de fertilizantes nitrogenados en Colombia que se estimaron en 32.5 millones de t/CO₂ por el consumo de 351.921 t/fertilizantes nitrogenados, en 2004, según PNUD, 2014. (http://www.ehowenespanol.com/calcular-emisiones-dioxido-carbono-generador-diesel-como_160490/).

⁹ Este dato es tomado de las encuestas realizadas a los agricultores de café de las fincas del TeSAC Cauca, en Noviembre de 2016.

Una tonelada de fertilizante produce 92,3 t/CO₂, en 2.050 kg en el caso de café con sombrío se evita la emisión de 189,2 t/CO₂/año, a causa de la sustitución de fertilizantes químicos inorgánicos por orgánicos, en café sin sombrío en 2.350 kilos, se estima en 216,9 t/CO₂/año y en caña panelera en 350 kilos/ha/año es de 32,3 t/CO₂/año.

Una vez estimadas las cantidades de CO₂ evitadas, se procede a su valoración con un precio internacional del mercado de carbono de US\$6/t, (Sain, 2015), para luego realizar la conversión de dólares a pesos con una tasa de cambio de \$3.000. Estos resultados se aprecian en las tablas 16, 17 y 18.

El siguiente paso es incorporar estos beneficios ambientales en el análisis costo-beneficio, para así estimar de nuevo los indicadores de rentabilidad desde el punto de vista social, con el ingrediente de capturar los bienes y servicios ecosistémicos que favorecen a la comunidad, por cuanto sus recursos de suelos y aguas van a ser sostenibles en el tiempo.

Tabla 16. Reducción de emisiones de CO₂ equivalente (t) en fincas de café con sombrío.

Externalidad	Café con sombrío			
	Cantidad CO ₂ (t/ha) (1)	Precio US\$/t	Valor US\$/ha	Valor COP\$/ha (2)
Reducción de emisiones por sustitución de fertilizantes químicos en un 25% - Año 1	47,3	6,0	283,8	851.468
Reducción de emisiones por sustitución de fertilizantes químicos en un 25% - Año 4	47,3	6,0	283,8	851.468
Reducción de emisiones por sustitución de fertilizantes químicos en un 25% - Año 8	47,3	6,0	283,8	851.468
Reducción de emisiones por sustitución de fertilizantes químicos en un 25% - Año 12	47,3	6,0	283,8	851.468
Reducción Total de Emisiones de CO ₂	189,2	6,0	1.135,3	3.405.870
(1) Se reduce la aplicación de 2,05 t/fertilizantes químicos por ha/año en forma gradual. Una tonelada de fertilizante produce 92,3 t/CO ₂ .				
(2) Tasa de cambio de \$3.000 por dolar				
Fuente: Elaboración Propia, CIAT, CCAFS, Ecohabitats, 2016				

Tabla 17. Reducción de emisiones de CO2 equivalente (t) en fincas de café sin sombrero.

Externalidad	Café sin sombrero			
	Cantidad CO2 (t/ha) (1)	Precio US\$/t	Valor US\$/ha	Valor COP\$/ha (2)
Reducción de emisiones por sustitución de fertilizantes químicos en un 25% - Año 1	54,2	6,0	325,4	976.073
Reducción de emisiones por sustitución de fertilizantes químicos en un 25% - Año 4	54,2	6,0	325,4	976.073
Reducción de emisiones por sustitución de fertilizantes químicos en un 25% - Año 8	54,2	6,0	325,4	976.073
Reducción de emisiones por sustitución de fertilizantes químicos en un 25% - Año 12	54,2	6,0	325,4	976.073
Reducción Total de Emisiones de CO2	216,9	6,0	1.301,4	3.904.290
(1) Se reduce la aplicación de 2,35 t/fertilizantes químicos por ha/año en forma gradual. Una tonelada de fertilizante produce 92,3 t/CO2.				
(2) Tasa de cambio de \$3.000 por dolar				
Fuente: Elaboración Propia, CIAT, CCAFS, Ecohabitats, 2016				

Tabla 18. Reducción de emisiones de CO2 equivalente (t) en fincas de caña panelera.

Externalidad	Caña Panelera			
	Cantidad CO2 (t/ha) (1)	Precio US\$/t	Valor US\$/ha	Valor COP\$/ha (2)
Reducción de emisiones por sustitución de fertilizantes químicos en un 25% - Año 1	8,1	6,0	48,5	145.373
Reducción de emisiones por sustitución de fertilizantes químicos en un 25% - Año 4	8,1	6,0	48,5	145.373
Reducción de emisiones por sustitución de fertilizantes químicos en un 25% - Año 8	8,1	6,0	48,5	145.373
Reducción de emisiones por sustitución de fertilizantes químicos en un 25% - Año 12	8,1	6,0	48,5	145.373
Reducción Total de Emisiones de CO2	32,3	6,0	193,8	581.490
(1) Se reduce la aplicación de 350K/fertilizantes químicos por ha/año en forma gradual. Una tonelada de fertilizante produce 92,3 t/CO2.				
(2) Tasa de cambio de \$3.000 por dolar				
Fuente: Elaboración Propia, CIAT, CCAFS, Ecohabitats, 2016				

7.2.2 Reducción o prevención de la erosión

Otro beneficio ambiental es la posibilidad de reducir o evitar la erosión de acuerdo a las consideraciones realizadas en la sección anterior de identificación de externalidades, de acuerdo con la revisión de literatura.

En el TeSAC Cauca se llevan a cabo medidas preventivas que contribuyen a reducir o prevenir la erosión de los suelos, como es el caso del sistema productivo de café con sombrero, donde se conserva la humedad en el suelo, con el manejo de la sombra de los árboles, el manejo del agua y la labranza cero (FAO 2.000 y 2.005).

Los productores de café con sombrero y de caña panelera con el manejo del agua y la hojarasca para cubrir el suelo de hecho previenen las posibilidades de erosión (FAO, 2001). Con la cobertura en el suelo, se logra reducir la erosión hasta en 130,23 toneladas métricas por hectárea, con un aumento del porcentaje de materia orgánica de 1.14%. (FAO, 2005).

Las medidas de adaptación implementadas en el TeSAC Cauca, disminuyen el riesgo de erosión, tales como las prácticas de captación de lluvia, al disminuir la escorrentía libre del agua sobre las tierras, especialmente en laderas (FAO, 2.000)

Igualmente medidas implementadas en el TeSAC Cauca, como el uso de abonos orgánicos reduce o evita la erosión (FAO 2.005), al igual que las franjas multiestrato que funcionan como barreras vivas y controlan la erosión, según estudios de SAGAR, USAID-MIDAS (Martínez *et al.*, 2004).

A partir de un estudio de los Investigadores del Centro de Investigación y Estudios Avanzados, Instituto Politécnico Nacional, Departamento de Biología y Bioingeniería de México D. F. (CINVESTAV) Patente No. 291975, 2.001, se estima que la recuperación de una hectárea de suelo cuesta en promedio US\$24,3 por pérdida de suelo a causa de la erosión, que conjuntamente con el costo de reemplazo de los nutrientes perdidos cuesta US\$22,1, para un total de US\$46,4, es decir COP\$139.200/ha. Este costo al ser evitado por la implementación de las medidas o prácticas ASAC en el TeSAC Cauca, se valoran como beneficios ambientales. Ver tabla 19.

Tabla 19. Estimación de la recuperación de una hectárea afectada por erosión.

Externalidad	Valoración de la externalidad			
Reducción o Prevención de la erosión	Valor US\$/ha (1)	Valor COP\$/ha (2)		
Recuperación de la pérdida de suelo	24,3	72.900		
Costo de reemplazo de los nutrientes perdidos	22,1	66.300		
Total	46,4	139.200		
(1) Se estima a partir de un estudio de los Investigadores del Centro de Investigación y Estudios Avanzados, Instituto Politécnico Nacional, Departamento de Biología y Bioingeniería de México D. F. (CINVESTAV) Patente No. 291975, 2.001.				
(2) Tasa de cambio de \$3.000 por dolar				
Fuente: Elaboración Propia, CIAT, CCAFS, Ecohabitats, 2016				

7.2.3 Beneficios indirectos de la producción de hortalizas.

Según la Organización Internacional del Trabajo (OIT) la mala alimentación en el ámbito laboral conduce a un deterioro de la salud y podría disminuir hasta el 20% de la productividad en los trabajadores (<http://negociosmanagement.com.ar/?p=2152>).

En el caso de las familias rurales del TeSAC Cauca, se puede asumir que la introducción de las huertas familiares mejora la nutrición de la familia, previene las enfermedades y

disminuye los días de incapacidad, que se podrían traducir en ingresos dejados de recibir por no poder estar todos los días al frente de las actividades agrícolas. Esta situación se puede asimilar al caso del riesgo de los productores a los efectos tóxicos generados por el manejo de fertilizantes y plaguicidas de origen sintético, donde también se originan incapacidades de los trabajadores del campo en el corto plazo y discapacidades en el mediano y largo plazo. Este tema se analiza a continuación.

7.2.4 Beneficios indirectos de la sustitución de agroquímicos por abonos orgánicos

Los abonos orgánicos, disminuyen el riesgo tóxico en personas y animales, favoreciendo la salud de los agricultores. El uso permanente de fertilizantes y plaguicidas puede presentar efectos nocivos en el mediano y largo plazo, tales como carcinogénesis, teratogénesis, esterilidad y mutagénesis, entre otros. Según la OMS se estima que unas 10 personas mueren en el año por el uso de pesticidas y unas 20 quedan intoxicadas en forma aguda en la agricultura y ganadería (OMS, 2010).

Los estudios que se han enfocado sobre el efecto de los pesticidas sobre la salud de las personas, han demostrado que intoxicaciones crónicas y exposiciones a dosis menores se asocian a problemas respiratorios, trastornos de memoria, enfermedades de la piel, depresión, abortos, defectos de nacimiento, cáncer y enfermedades neurológicas tales como Enfermedad de Parkinson (Center for Ecogenetics & Environmental Health)

Los fosfatos de los fertilizantes químicos se han asociado a la proliferación de unas bacterias(cianobacterias), que pueden producir toxinas de alto riesgo para la salud. El consumo de estas toxinas en el agua se ha asociado a enfermedades nerviosas de gravedad semejantes al Alzheimer (SAGARPA – COFUPRO – UNAM, 2013).

Para la estimación de la externalidad generada por el uso de abonos orgánicos se utiliza el indicador AVAD (Años de Vida Ajustado por Discapacidad) que intenta medir la carga de enfermedad. AVAD mide los años de vida libre de discapacidad que se pierden como resultado de la muerte, enfermedad o lesiones en un año en particular. AVAD permite cuantificar las pérdidas de vida sana, ya sea por mortalidad prematura o por el tiempo vivido con una salud menguada (OMS, 2010).

En el caso del TeSAC Cauca se asume que el uso de abonos orgánicos permite evitar el uso de fertilizantes nitrogenados y plaguicidas de síntesis química. Se asume que una persona podría sufrir problemas tóxicos si la situación siguiera lo mismo y podría enfrentar en el corto plazo períodos de incapacidad y en el mediano y largo plazo discapacidad. La discapacidad, se define desde el punto de vista relacional, como el resultado de interacciones complejas entre las limitaciones funcionales (físicas, intelectuales o mentales) de la persona y del ambiente (OMS, 2002). Cualquier discapacidad priva a la persona de participar activamente en la sociedad, en igualdad de condiciones con los demás.

Esta externalidad negativa evitada se puede valorizar en el corto plazo suponiendo que por el uso permanente de agroquímicos inorgánicos, el agricultor podría enfrentar periodos de incapacidad que pueden sumar varios días al año, por ejemplo 8 días al año y en el mediano y largo plazo sufrir discapacidades o enfermedades catastróficas como Cáncer, Alzheimer y/o Parkinson.

Una incapacidad de 8 días en el año se puede valorar a un precio de jornal en la zona, \$24.000, lo que equivale a un costo evitado de \$192.000/año. Una discapacidad puede privar a la persona de varios años de vida sana y dejar de percibir ingresos durante esos años. Estas situaciones de salud evitadas son excluyentes. Las incapacidades pueden darse en el muy corto plazo y ser recurrentes y la discapacidad se puede presentar en el largo plazo. Por ejemplo, un productor de café con sombrío dejaría de percibir ingresos netos por valor de \$6.396.500 por año. En café con sombrío y caña panelera este valor sería de \$19.012.300. En fincas de café sin sombrío sería de \$6.040.150. En café sin sombrío y caña panelera el valor sería de \$18.229.613. En caña panelera el valor sería de \$12.075.800. Este valor es un costo evitado y se valora como un beneficio o una externalidad positiva y se internaliza en el ACB de las prácticas ASAC de cada sistema productivo. Ver tabla 21 y 22.

7.2.5 Beneficios indirectos de la cosecha de aguas lluvia y del riego por goteo

Según FAO, los resultados obtenidos en muchos países indican que los agricultores que han cambiado el riego por surcos o riego por aspersión, por el riego por goteo pueden reducir el consumo de agua de un 30% a un 60%, evitando mayores costos (FAO, 2002).

En el caso del TeSAC Cauca la implementación de la práctica ASAC de la cosecha de aguas lluvia y del riego por goteo, genera una externalidad que se puede valorar asumiendo que esta práctica ASAC, evita el uso de agua del acueducto rural que se destina para el consumo humano y para lavar el café en épocas de cosecha. Si no se implementara la cosecha de aguas lluvia, medida necesaria para utilizar el riego por goteo para la producción de hortalizas, la cantidad de agua que se tendría que consumir se debería tomar del Acueducto y se debería pagar a las tarifas establecidas por el Acueducto y Alcantarillado del municipio de Popayán. Este beneficio indirecto se puede apreciar en la tabla 20. Para calcular este beneficio indirecto o costo evitado por la práctica ASAC, se procede a calcular la cantidad de litros de agua que demanda cada una de las plantas de hortalizas, por trimestre y por año, para luego convertir el consumo de agua de litros a metros cúbicos, y valorar luego este consumo a las tarifas básicas de COP\$683,61 por m³ y adicionar el costo de la tasa ambiental, COP\$3,16 por m³, más el cargo básico por mes que es de COP\$5.292. El resultado final es un costo evitado de COP\$118.885 por año, el cual se internaliza en el ACB, como un beneficio indirecto.

Tabla 20. Estimación del beneficio externo por la cosecha de aguas lluvia y optimización del consumo de agua utilizando el riego por goteo.

HORTALIZAS	No. días ciclo vegetativo	No. plantas	Cosechas por año	Litros de agua por trimestre	Litros de agua por año	M3 de agua por año	Cargo fijo por año	Consumo Básico por año	Tasas Ambientales por año	Total por año \$
Zanahoria	120	65	3	7.800	23.400	23,4		15.996	74	16.070
Pepino	70	2	5,1	140	720	0,7		492	2	494
Acelga	180	10	2	1.800	3.600	3,6		2.461	11	2.472
Rábano	30	20	12	600	7.200	7,2		4.922	23	4.945
Perejil	15	25	24	375	9.000	9,0		6.152	28	6.181
Remolacha	120	25	3	3.000	9.000	9,0		6.152	28	6.181
Repollo	120	4	3	480	1.440	1,4		984	5	989
Lechuga	45	8	8	360	2.880	2,9		1.969	9	1.978
Tomate	120	2	3	240	720	0,7		492	2	494
Cebolla Larga	120	4	3	480	1.440	1,4		984	5	989
Apio	120	8	3	960	2.880	2,9		1.969	9	1.978
Espinaca	120	50	3	6.000	18.000	18,0		12.305	57	12.362
Cilantro	60	1	6	60	360	0,4		246	1	247
Total		224		0	0	80,6	63.504	55.126	255	118.885

Fuente: Elaboración Propia, CIAT, CCAFS, ECOHABITATS 2016

7.3 INCORPORACIÓN DE EXTERNALIDADES EN EL ACB.

Los beneficios externos o indirectos producidos por las medidas de adaptación una vez valorados se internalizan en el análisis costo- beneficio. Se procede entonces a incorporar el valor de los siguientes beneficios externos:

- 🌱 Reducción de emisiones de GEI, por la sustitución de fertilizantes nitrogenados por abonos orgánicos y micorrizas.
- 🌱 Prevención y control de la erosión, por las prácticas de captación de aguas lluvia, al disminuir la escorrentía libre del agua sobre las tierras, especialmente en laderas, al igual que las prácticas de mantener franjas multiestrato que funcionan como barreras vivas y controlan la erosión, por la práctica del sistema productivo de café con sombrío, donde se conserva la humedad en el suelo, con el manejo de la sombra de los árboles, la labranza cero y por el uso de abonos orgánicos y biofertilizantes como las micorrizas.
- 🌱 Reducción del riesgo tóxico debido al uso de abonos orgánicos en vez de fertilizantes y plaguicidas inorgánicos, evitando incapacidades y discapacidades laborales.
- 🌱 Costo evitado de agua debido a la implementación de la medida de cosecha de aguas lluvia y optimización del uso de agua, utilizando el riego por goteo, en las huertas familiares.

Estos beneficios externos ambientales y socio-económicos se adicionan al flujo de beneficios netos privados con el fin de calcular de nuevo los indicadores de rentabilidad que ya se pueden denominar indicadores de rentabilidad social (VPN, TIR).

En la tablas 21 y 22 y en las figuras 31 a 36, se aprecia que al internalizar los beneficios externos o externalidades, todas las prácticas ASAC o medidas de adaptación mejoran su rentabilidad en términos de Valor Presente Neto (VPN) y Tasa Interna de Retorno (TIR).

En la tabla 21 se presentan los indicadores de rentabilidad económica social, VPN y TIR, que se estiman a partir de la incorporación de las externalidades en cada uno de los seis escenarios analizados en el texto, para cada sistema productivo.

En la tabla 22, se ilustra la diferencia de los indicadores de rentabilidad privada y de rentabilidad social que surgen al incorporar en el ACB las externalidades o beneficios externos de las prácticas ASAC. Para facilidad de las comparaciones y de la elaboración de las figuras ilustrativas, se agrupan los cuatro primeros escenarios y para ello se estima el promedio de los cuatro primeros escenarios cuyos indicadores son muy similares.

Es de destacar que los incrementos absolutos en los valores de VPN por efecto de las externalidades son iguales entre los diferentes escenarios, dentro de cada sistema productivo, sin embargo en términos porcentuales son diferentes porque se comparan sobre bases diferentes. Los valores de TIR también son mayores cuando se involucran las externalidades en el ACB.

Tabla 21. Indicadores de rentabilidad económica social con internalización de externalidades.

	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3	Escenario 4	Escenario 5	Escenario 6
FINCAS DE CAFÉ CON SOMBRÍO						
VPN (12%)	11.032.419	10.951.624	10.871.905	10.785.397	10.425.599	5.913.400
TIR	55%	54%	53%	52%	115%	49%
FINCAS DE CAFÉ SIN SOMBRÍO						
VPN (12%)	23.788.147	23.707.352	23.627.632	23.541.125	23.181.327	5.821.934
TIR	82%	81%	80%	79%	163%	49%
FINCAS DE CAÑA PANELERA						
VPN (12%)	29.271.411	29.190.616	29.110.897	29.024.389	28.664.592	7.371.135
TIR	112%	109%	108%	107%	252%	50%
FINCAS DE CAFÉ CON SOMBRÍO Y CAÑA PANELERA						
VPN (12%)	37.620.640	37.539.845	37.460.126	37.373.618	37.013.820	9.151.562
TIR	121%	119%	117%	116%	263%	51%
FINCAS DE CAFÉ SIN SOMBRÍO Y CAÑA PANELERA						
VPN (12%)	50.266.938	50.186.143	50.106.423	50.019.916	49.660.118	8.950.666
TIR	136%	134%	132%	131%	282%	51%
Fuente: Elaboración Propia, CIAT, CCAFS, Ecohabitats, 2016						

Tabla 22. Comparación de los indicadores de rentabilidad en los diferentes escenarios, con y sin externalidades.

ANÁLISIS COSTO - BENEFICIO	Escenarios 1 a 4		Escenario 5		Escenario 6	
FINCAS DE CAFÉ CON SOMBRÍO	Sin Externalidades	Con Externalidades	Sin Externalidades	Con Externalidades	Sin Externalidades	Con Externalidades
VPN (12%)	5.443.241	10.910.336	4.958.504	10.425.599	446.305	5.913.400
TIR	35%	53%	59%	115%	16%	49%
FINCAS DE CAFÉ SIN SOMBRÍO						
VPN (12%)	18.290.435	23.666.064	17.805.698	23.181.327	446.305	5.821.934
TIR	65%	81%	113%	163%	16%	49%
FINCAS DE CAÑA PANELERA						
VPN (12%)	22.224.498	29.149.328	21.739.762	28.664.592	446.305	7.371.135
TIR	91%	109%	188%	252%	16%	50%
FINCAS DE CAFÉ CON SOMBRÍO INTERCALADO CON CAÑA PANELERA						
VPN (12%)	28.793.300	37.498.557	28.308.564	37.013.820	446.305	9.151.562
TIR	101%	118%	202%	263%	16%	51%
FINCAS DE CAFÉ SIN SOMBRÍO INTERCALDO CON CAÑA PANELERA						
VPN (12%)	41.640.494	50.144.855	41.155.757	49.660.118	446.305	8.950.666
TIR	117%	133%	224%	282%	16%	51%

Fuente: Elaboración Propia, CIAT, CCAFS, Ecohabitats, 2016

En las figuras 31 a 36, donde se ilustran los resultados de las tablas 21 y 22, se puede apreciar que al incorporar los beneficios externos generados por las prácticas ASAC, los indicadores de rentabilidad económica social (VPN y TIR) son superiores a los indicadores de rentabilidad económica privada (VPN y TIR).

Lo interesante de los resultados de la tabla 22 y las figuras 31 y 36 es que además de mostrar los excedentes económicos privados a nivel del agricultor de la implementación de las prácticas ASAC, también ilustran sobre los excedentes económicos sociales, que se traducen en un beneficio externo para la comunidad y que mejoran su calidad de vida, como son las externalidades identificadas mencionadas atrás, reducción de emisiones de GEI; prevención y control de la erosión; Reducción del riesgo tóxico, evitando incapacidades y discapacidades laborales, costo evitado de un posible consumo por medida de cosecha de aguas lluvia. Las barras rojas de las figuras 31 a 36, muestran las bondades de las prácticas ASAC, con valores presentes netos y tasas internas de retorno más altas que aquellas de la evaluación económica del agricultor, representadas por las barras azules.

Lo importante de incorporar las externalidades en el análisis ACB, es apreciar mediante los indicadores VPN y TIR, los beneficios externos de las prácticas ASAC, que contribuyen a mejorar las condiciones de vida de la comunidad TeSAC Cauca, a través de la consecución de un objetivo que mitigue una situación de deterioro económico, ambiental y social, debido a la exposición de los efectos adversos de la variabilidad climática y el cambio climático. Estos beneficios se traducen en menor contaminación ambiental, mejor calidad de suelos, mejor aprovechamiento y calidad de agua, mejor salud preventiva y mayor esperanza de vida.

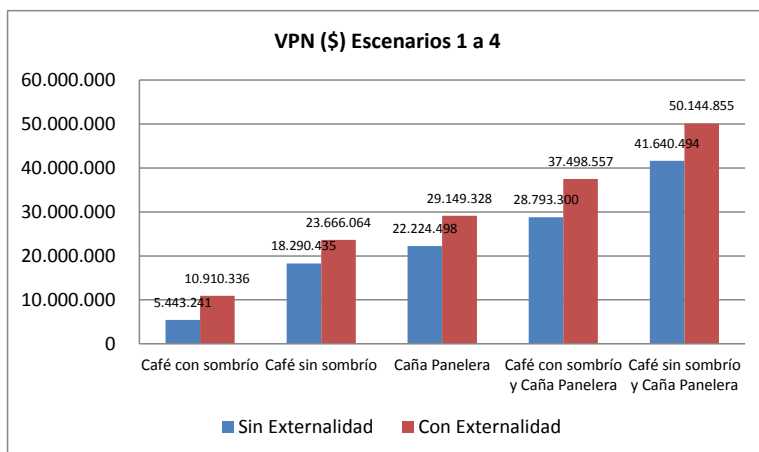


Figura 31. Comparación de VPN en Escenarios 1 a 4, con y sin externalidades.

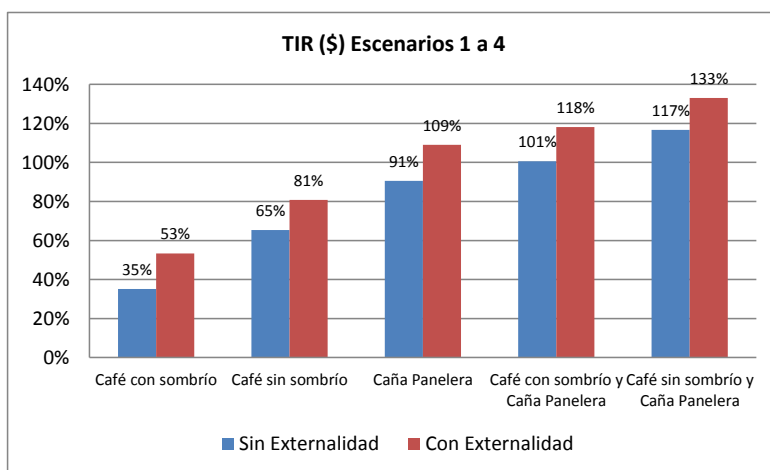


Figura 32. Comparación de TIR en Escenarios 1 a 4, con y sin externalidades.

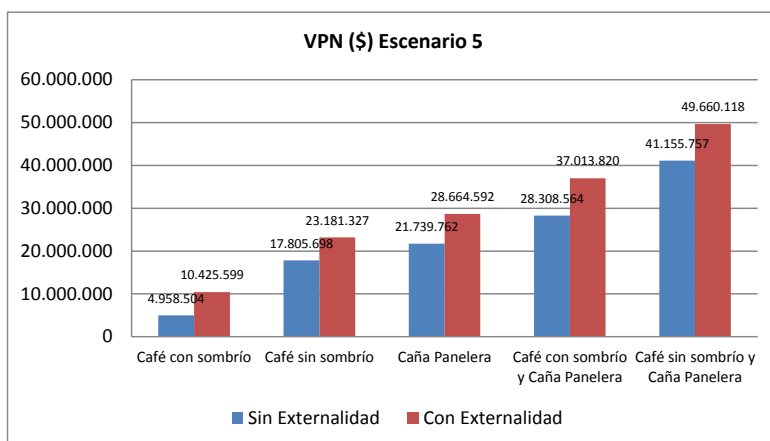


Figura 33. Comparación de VPN en Escenario 5, con y sin externalidades.

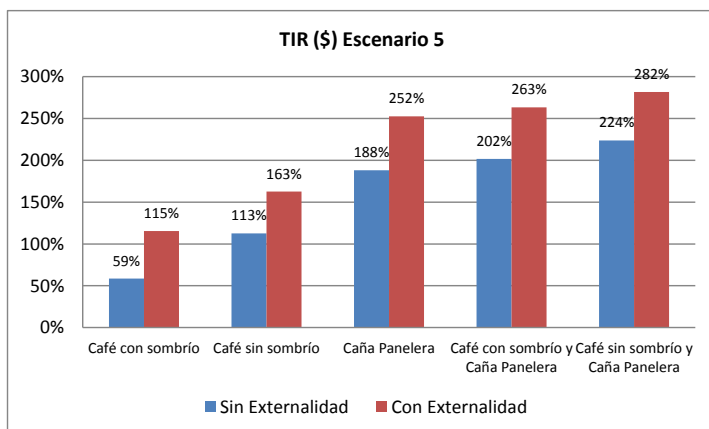


Figura 34. Comparación de TIR en Escenario 5, con y sin externalidades.

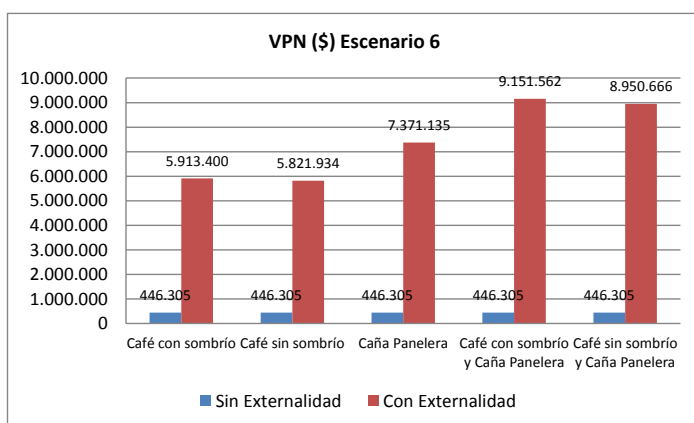


Figura 35. Comparación de VPN en Escenario 6, con y sin externalidades.

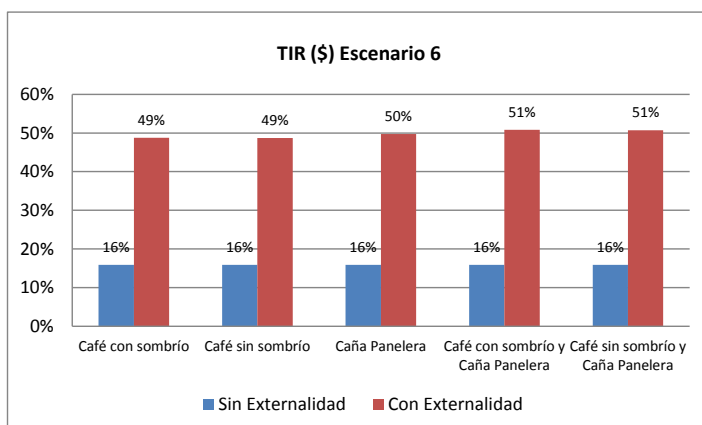


Figura 36. Comparación de TIR en Escenario 6, con y sin externalidades.

8. El ACB a nivel agregado.

El análisis costo-beneficio, ACB, realizado hasta ahora se ha elaborado a nivel de finca por lo cual es necesario ampliar su análisis a nivel de las veredas del TeSAC Cauca, incluyendo las fincas que han adoptado las nuevas prácticas ASAC hasta el año 2016 y proyectando la entrada de nuevas fincas en los próximos 10 años.

Según los expertos que trabajan en la zona y que pertenecen a la Fundación Ecohabitats el número de fincas que han adoptado las prácticas hasta el presente son 80, con la implementación de los planes prediales de adaptación, de un total de 500 familias que habitan en el TeSAC Cauca.

Para conocer los costos y los beneficios del programa a nivel agregado, se parte del costo de introducir las medidas de adaptación para una finca que maneja la huerta familiar, el ariete artesanal, la micro-aspersión portátil y las franjas multiestrato con un costo de \$3.492.171, lo cual significa que para los 80 predios que ya están en el programa TeSAC Cauca se estaría hablando de un monto de \$279,3 millones y para las 200 fincas nuevas sería de \$698.4 millones.¹⁰

La metodología a seguir en este caso del análisis agregado es partir en el año 2017, del beneficio neto incremental equivalente anual (BNIEA) de una finca, que se calcula a partir del VPN. En este caso de una finca con café con sombrero es de \$878.739, y se multiplica por las 80 fincas que han adoptado las prácticas hasta el momento, y luego se incorporan cada año 20 fincas en el programa, hasta alcanzar un total de 280 fincas en el lapso de 10 años, hasta el año 2027. A este flujo de BNIEA se le calcula su VPN y su TIR. Se tiene en cuenta la inversión realizada en las prácticas ASAC (Tablas 23 y 24).

Se supone que en los próximos diez (10) años, de acuerdo con los recursos disponibles y la experiencia del equipo técnico de la Fundación Ecohabitats, pueden entrar veinte (20) fincas por año, para un total de 200 fincas y de esa manera ampliar los beneficios directos e indirectos a nivel veredal del TeSAC Cauca, para contar con 280 fincas incorporadas en el programa TeSAC al final del año 2017.

La incorporación gradual de 20 fincas por año, hasta alcanzar el agregado de las nuevas doscientas (200) fincas, en los próximos 10 años, se aprecia que se requiere una inversión de \$698,4 millones para poner en marcha las medidas de adaptación. El indicador VPN en fincas de café con sombrero sería igual a \$125,5 millones, con una TIR social de 15% y un período de recuperación de la inversión de 7,2 años. Ahora si la inversión se hiciera en fincas de café sin sombrero, que tienen indicadores de rentabilidad económica privada más altos que las fincas de café con sombrero, con un beneficio neto incremental equivalente anual de \$2.952.749, el indicador VPN sería igual a \$2.070 millones, con una TIR social de 49% y un período de recuperación de la inversión de 2,2 años. Si este ejercicio se hiciera con fincas que tengan café con sombrero intercalado con caña panelera o fincas que tengan café sin sombrero intercalado con caña panelera, los indicadores son mucho más altos de los aquí registrados.

¹⁰ La medida incluye la instalación y el mantenimiento por año.

En resumen, la inversión que se realice en el TeSAC Cauca se justifica plenamente desde el punto de vista económico tanto privado como social y dicha inversión a nivel de las veredas del TeSAC Cauca, aporta mayores réditos en fincas que manejan café sin sombrero y caña panelera en monocultivo, en relación con fincas que manejan café con sombrero en monocultivo. El análisis para el café intercalado con caña panelera es mucho más atractivo ya sea con sombrero o sin sombrero. El análisis agregado muestra las posibilidades de inversión y sus resultados económicos en fincas de un arreglo productivo u otro, pero no quiere decir que el número de fincas con o sin sombrero sea el mismo en el futuro (Tablas 23 y 24).

Tabla 23. Rentabilidad social de fincas con café con sombrero a nivel veredal TeSAC Cauca.

Años	Beneficio Neto Incremental Anual Equivalente por finca (\$)	Número de Fincas Agrícolas	Beneficio Anual Equivalente Agregado \$
			-698.434.200
2017	878.739	80	70.299.156
2018	878.739	100	87.873.945
2019	878.739	120	105.448.734
2020	878.739	140	123.023.523
2021	878.739	160	140.598.312
2022	878.739	180	158.173.101
2023	878.739	200	175.747.890
2024	878.739	220	193.322.679
2025	878.739	240	210.897.468
2026	878.739	260	228.472.257
2027	878.739	280	246.047.046
VPN Beneficio Anual Equivalente			125.465.693
TIR			15%
PRI (Años)			7,2
Fuente: Elaboración Propia CIAT, CCAFS, Ecohabitats, 2016.			

Tabla 24. Rentabilidad social de fincas con café sin sombrero a nivel veredal TeSAC Cauca.

Años	Beneficio Neto Incremental Anual Equivalente por finca (\$)	Número de Fincas Agrícolas	Beneficio Anual Equivalente Agregado \$
			-698.434.200
2017	2.952.749	80	236.219.952
2018	2.952.749	100	295.274.940
2019	2.952.749	120	354.329.928
2020	2.952.749	140	413.384.916
2021	2.952.749	160	472.439.904
2022	2.952.749	180	531.494.892
2023	2.952.749	200	590.549.880
2024	2.952.749	220	649.604.868
2025	2.952.749	240	708.659.857
2026	2.952.749	260	767.714.845
2027	2.952.749	280	826.769.833
VPN Beneficio Anual Equivalente			2.070.042.759
TIR			49%
PRI (Años)			2,2
Fuente: Elaboración Propia CIAT, CCAFS, Ecohabitats, 2016.			

9. CONCLUSIONES

Los resultados de la evaluación económica privada de las prácticas ASAC, en el TeSAC Cauca, revelan que las fincas que han adoptado las medidas ASAC para enfrentar la variabilidad climática y el cambio climático, obtienen un beneficio adicional, comparado con las fincas que no han adoptado las medidas de ASAC, las cuales sufren una disminución significativa en los rendimientos de sus cultivos al enfrentar las épocas de sequía y no contar con el recurso agua, a través de las diferentes prácticas ASAC: cosecha de aguas lluvia, ariete artesanal, reservorio, bomba tipo camándula, cosecha de agua en potreros, huertas, riego por goteo, biofábrica, microaspersión portátil y franjas multiestrato.

En los cuatro primeros escenarios se evalúa el impacto de las medidas de adaptación que facilitan la provisión de agua para mantener la **productividad** de los sistemas productivos en épocas de sequía y por otra parte se mide el impacto de las huertas al proporcionar **ingresos adicionales** derivados de la producción de hortalizas. Son dos efectos de las medidas de adaptación, productividad e ingresos por huertas.

El escenario 5 incluye solo las medidas que facilitan la disponibilidad de agua, es decir, se mide solo el efecto de la **productividad** sobre los arreglos productivos, pero sin incluir los ingresos por hortalizas, que generan las huertas familiares y el escenario 6 son fincas que solo tendrían los arreglos productivos y las huertas familiares.

Escenarios 1 a 4

En los cuatro primeros escenarios, los indicadores de rentabilidad económica privada y social de los sistemas de producción en las fincas del TeSAC Cauca muestran que las fincas de café sin sombrío intercalado con caña panelera presentan los indicadores más altos de rentabilidad económica privada, tanto en Valor Presente Neto (VPN) como en Tasa Interna de Retorno (TIR), siguiendo en orden descendente las fincas que manejan café con sombrío intercalado con caña panelera, luego las fincas de caña panelera en monocultivo, después las fincas que manejan café sin sombrío en monocultivo y por ultimo las fincas que tienen café con sombrío en monocultivo, tal como se aprecia en la siguiente tabla.

ANÁLISIS COSTO - BENEFICIO	Escenarios 1 a 4		Escenario 5		Escenario 6	
	VPN	TIR	VPN	TIR	VPN	TIR
Café con sombrío	5.443.241	35%	4.958.504	59%	446.305	16%
Café sin sombrío	18.290.435	65%	17.805.698	113%	446.305	16%
Caña Panelera	22.224.498	91%	21.739.762	188%	446.305	16%
Café con sombrío y Caña Panelera	28.793.300	101%	28.308.564	202%	446.305	16%
Café sin sombrío y Caña Panelera	41.640.494	117%	41.155.757	224%	446.305	16%

Esta situación se debe fundamentalmente a que la adopción de medidas para sobrellevar la variabilidad climática y/o el cambio climático presentan una rentabilidad económica privada mayor para fincas que tienen cultivos que sufren directamente los rigores de la sequía, como es el caso de las fincas con cultivos de café sin sombrío en monocultivo o café sin sombrío intercalado con caña panelera, en comparación con fincas que manejan café con sombrío en monocultivo o café con sombrío intercalado con caña panelera, pues de esta manera, logran evitar la drástica disminución en la productividad de los cultivos en comparación con aquellas fincas que no han implementado las medidas de adaptación. La productividad en café sin sombrío y en caña panelera se reduce en un 30% y 25% respectivamente en tiempos de sequía, mientras que la merma en productividad de las fincas de café con sombrío es de solo un 10%, como consecuencia de los veranos prolongados.

Al tener en cuenta las externalidades generadas por las diferentes medidas de adaptación, el ranking de los resultados de rentabilidad económica social guardan el mismo orden que en el análisis de rentabilidad económica privada, pues los beneficios externos que se adicionan son de igual valor monetario.

Escenarios 5 y 6

En el escenario 5, se incluyen solamente las medidas que abastecen de agua a las fincas en todo el año, efecto productividad sobre los diferentes arreglos productivos, pero no se tienen en cuenta, las huertas familiares que generan ingresos por hortalizas. En el escenario 6, se analiza el caso de fincas que solo tendrían huertas familiares con producción de verduras y hortalizas, además de sus tradicionales sistemas productivos, café y/o caña panelera.

Los valores del VPN en el escenario 5, son ligeramente menores respecto al indicador de VPN promedio de los cuatro primeros escenarios, que involucraban las mismas medidas de adaptación para provisión de agua, más la medida de las huertas familiares. Sin embargo los demás indicadores, TIR, recuperación de la inversión y relación beneficio-costos, son mejores, lo que significa que las medidas de provisión de agua (ariete artesanal, reservorio, bomba tipo camándula, agua en potreros), son responsables en alto

grado del excedente económico que genera el programa de medidas de adaptación del TeSAC Cauca y demuestra que el impacto de la medida huertas familiares es relativamente bajo en relación con el impacto que generan las medidas de adaptación que suministran agua a los diferentes arreglos productivos.

Es decir los resultados económicos del escenario 5, sugieren que las medidas de adaptación que facilitan el suministro de agua en verano a las fincas del TeSAC Cauca, tienen un impacto fuerte en la productividad de los cultivos de café y caña panelera en comparación con los ingresos adicionales que generan las huertas familiares. Una explicación válida es que los costos de las medidas de provisión de agua son menores que los costos de la implementación de las huertas y los ingresos adicionales por efecto de la productividad en el café, son mayores que los ingresos adicionales generados por las huertas familiares.

En el escenario 6, se aísla el efecto de una mayor productividad por provisión de agua en tiempos de sequía. En el caso de fincas que tienen huertas familiares y sus arreglos productivos pero sin medidas de provisión de agua, los indicadores de rentabilidad económica privada son muy bajos, VPN de \$0,4 millones) y TIR de 16%, muy cerca a la tasa de descuento del 12%, donde el VPN es igual a cero, o sea corresponde al punto de equilibrio, donde no hay pérdidas ni ganancias.

ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD.

El análisis de sensibilidad indica que al realizar variaciones en los parámetros entre un 10% y un 15%, se comprueba que las prácticas ASAC, no son moderadamente sensibles a aumentos de un 15% en precios de café y panela, a disminuciones de un 15% en los rendimientos de café y caña, a una caída de 15% en los precios de las hortalizas y a incrementos del 15% en los costos (costos de producción y costo de las medidas de adaptación) de los seis escenarios, excepto en el caso de fincas de café con sombrío en monocultivo.

Los arreglos productivos analizados, incluyendo café con sombrío en monocultivo, aguantan disminuciones de un 20% en los rendimientos de café o caña, igualmente resisten disminuciones de un 20% en los precios de café o panela, y de un 20% en los ingresos de las hortalizas. Esto significaría que se tendría mayor seguridad en la rentabilidad de las prácticas ASAC, ante eventuales cambios en el entorno económico.

El escenario 6, o sea fincas que manejan sistemas productivos con huertas únicamente, no son viables económicamente ante disminuciones de un 20% en los ingresos de hortalizas y ante un aumento del 10% en los costos de producción y costo de las huertas. Esta medida de adaptación (huerta familiar) es viable siempre y cuando dichas fincas introduzcan otras medidas que provean suficiente agua a los cultivos, especialmente en épocas de sequía, como son, el ariete artesanal, el reservorio, la bomba tipo camándula o la cosecha de agua en potreros, con el fin de contar con el efecto positivo de la mayor productividad de los sistemas de café y caña panelera y por ende reforzar los ingresos provenientes de las huertas familiares.

EXTERNALIDADES

La identificación y valoración de las externalidades ambientales y socioeconómicas arroja unos beneficios indirectos muy importantes para las fincas del TeSAC Cauca.

Con la implementación de las medidas de adaptación con disponibilidad permanente de agua, el empleo de abonos orgánicos, las franjas multiestrato, se generan externalidades positivas importantes, tales como, reducción de emisiones de GEI, prevención y/o control de la erosión de los suelos, reducción del riesgo tóxico, el costo evitado de consumo de agua y la producción de alimentos sanos como las verduras y hortalizas orgánicas.

La disminución de emisiones de GEI, se estima a través del valor de dióxido de carbono evitado, al sustituir gradualmente la aplicación de fertilizantes nitrogenados por abonos orgánicos y micorrizas, además de utilizar la labranza cero en la preparación de los suelos.

La prevención y/o control de la erosión de los suelos, se realiza con prácticas ASAc como son, por la práctica del sistema productivo de café con sombrío, con el manejo de la hojarasca para cubrir el suelo y conservar su humedad, igualmente con las prácticas de captación de lluvia, al disminuir la escorrentía libre del agua sobre las tierras, especialmente en laderas. Igualmente, la labranza cero y el uso de abonos orgánicos y de micorrizas reduce o evita la erosión, al igual que las franjas multiestrato que funcionan como barreras vivas y controlan la erosión. Este beneficio externo se estima utilizando casos similares encontrados en la revisión de literatura.

La reducción del riesgo tóxico debido al reemplazo de fertilizantes inorgánicos por abonos orgánicos, es una externalidad socioeconómica positiva que se valoriza a través de indicadores de incapacidad laboral evitada en el corto plazo o discapacidad laboral evitada en el mediano o largo plazo. Esta externalidad negativa evitada se puede valorizar en el corto plazo suponiendo que por el uso permanente de agroquímicos inorgánicos, el agricultor podría enfrentar periodos de incapacidad que pueden sumar varios días al año, y en el mediano y largo plazo sufrir discapacidades o enfermedades catastróficas como Cáncer, Alzheimer y/o Parkinson.

La implementación de la práctica de la cosecha de aguas lluvia, genera una externalidad que se valora asumiendo que esta práctica ASAC, evita el uso de agua del acueducto rural que se destina para el consumo humano y para lavar el café en épocas de cosecha. Si no se implementara la medida de adaptación de la cosecha de aguas lluvia y riego por goteo para la producción de hortalizas, la cantidad de agua que se tendría que consumir para la producción de hortalizas se debería pagar a las tarifas establecidas por el Acueducto y Alcantarillado del municipio de Popayán, lo que se traduce en un costo evitado por consumo de agua.

La producción de alimentos sanos como las verduras y hortalizas orgánicas, que se ha logrado mediante la implementación de las huertas familiares, ha permitido a las familias del TeSAC Cauca, a diversificar y mejorar el balance nutricional de la familia, generando un beneficio indirecto que se traduce en un mejor estado de salud, evitando consultas médicas y tratamientos costosos para combatir enfermedades originadas por desbalances nutricionales o por contaminación ambiental. Estos beneficios indirectos refuerzan el otro

beneficio indirecto para la salud, proveniente de la reducción del riesgo tóxico debido al reemplazo de fertilizantes inorgánicos por abonos orgánicos.

ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO AGREGADO.

El análisis costo – beneficio a nivel agregado de las familias de las veredas del TeSAC Cauca, indica que en los próximos 10 años se pueden incorporar 200 nuevas fincas, que sumadas a las 80 que ya han implementado las medidas de adaptación al cambio climático, se podría ampliar el programa en el año 2017 a 280 familias de las 500 que componen la población del TESAC Cauca.

Esta proyección requiere una inversión de \$698,4 millones. Los resultados de los indicadores para esta ampliación del programa son muy favorables y se pueden priorizar de acuerdo a la rentabilidad económica y social. De acuerdo al ACB, las rentabilidades económicas privadas se ordenan de mayor a menor en fincas de café sin sombrío intercalado con caña panelera, café con sombrío intercalado con caña panelera, caña panelera en monocultivo, café sin sombrío y café con sombrío en monocultivo.

Sin embargo, las fincas de café con sombrío a pesar que muestran indicadores de rentabilidad más bajos que los demás arreglos productivos, generan unas externalidades positivas muy valiosas con el manejo del sombrío en la protección del suelo y la conservación de la humedad, evitando el uso de mayores cantidades de fertilizantes y protegiendo el suelo del riesgo de la erosión.

En conclusión, la inversión que se realice en el TeSAC Cauca se justifica plenamente desde el punto de vista económico tanto privado como social, por las razones expuestas en el análisis costo – beneficio realizado en este documento.

10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alejo, D, 2015. Caracterización predial requerida como insumo para elaborar el plan local de adaptación del territorio sostenible adaptado al clima – TeSAC Popayán en el Marco del Acuerdo c043-15 suscrito entre CCAFS-CIAT-ECOHABITATS.

Banco de la República, 2007. El fenómeno del Niño y su posible impacto en Colombia. Reportes del Emisor, No. 92.

Asociación Nacional del Café (Anacafé), Guatemala. La sombra en el café. Recuperado de http://www.anacafe.org/glifos/index.php?title=La_sombra_y_el_cafe

C.J. Baker, K.E. Saxton, W.R. Ritchie, W.C.T. Chamen, D.C. Reicosky, M.F.S. Ribeiro, S.E. Justice y P.R. Hobbs Baker, I, FAO, 2008. Siembra con labranza cero en la Agricultura de Conservación, editado por C. J. Baker y K. E. Saxton. Editorial Acribia, S. A.

Benítez J. y Castellanos A., FAO, 2005. Mejorando la humedad del suelo con agricultura de conservación. Tomado de http://www.agriculturesnetwork.org/magazines/latin-america/2-usando-todas-las-gotas-de-agua/mejorando-la-humedad-del-suelo-con-agricultura-de-at_download/article_pdf, Noviembre 2016.

Casasola, F., M. Ibrahim, C. Sepúlveda, N. Ríos & D. Tobar. 2009. Implementación de sistemas silvopastoriles y el pago de servicios ambientales en Esparza, Costa Rica: una herramienta para la adaptación al cambio climático en fincas ganaderas, p. 169-188. In M. Ibrahim & C. Sepúlveda (eds). Políticas y sistemas de incentivos para el fomento y adopción de buenas prácticas agrícolas como una medida de adaptación al cambio climático en América Central. Centro Agronómico Tropical (CATIE). Turrialba, Costa Rica.

Centro de Ecogenética y Salud Ambiental, Universidad de Washington, 5/2012. Subvención NIEHS #ESO7033. Recuperado en http://depts.washington.edu/ceeh/downloads/FF_Pesticides_SP.pdf

Corporación Autónoma Regional del Cauca, CRC, 2010. Caracterización Ambiental, Plan Departamental de Aguas y Saneamiento Básico, Departamento del Cauca.

Corporación del Río Grande de la Magdalena, Atlas de la Cuenca Magdalena-Cauca.

Corral, R.; Duicela, L.; Maza, H. 2006. En Farfán *et al*; Cenicafe, Avances Técnicos 396, 2010.

DANE. Colombia. Proyecciones anuales de población por sexo y edad 1985- 2015. Estudios Censales No.4

De Souza Silva Aderaldo FAO, 2.000. Embalse para Riego de Salvación, Brasil, Manual de Captación y Aprovechamiento del Agua Lluvia, Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe, Santiago de Chile. Recuperado de <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/ai128s/ai128s00.pdf>, Noviembre 2016.

Delacámara G, Cepal, 2008. Guía para decisores. Análisis Económico de Externalidades Ambientales.

Departamento Nacional de Planeación, DNP, 2009. Documento Conpes 3624. Programa para el saneamiento, manejo y recuperación ambiental de la cuenca alta del río Cauca.

Dixon, J., Fallon S.L, Carpenter R.A y Sherman, P.B. 1994. Análisis Económico de Impactos Ambientales, CATIE, Costa Rica.

FAO, 2000. Manual de Captación y Aprovechamiento del Agua Lluvia Experiencias en América Latina. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe, Santiago de Chile.

FAO, 2002. Agua y Cultivos. Logrando el uso óptimo de los cultivos. Recuperado de <http://www.fao.org/docrep/005/y3918s/y3918s10.htm>. Noviembre 2016.

FAO, 2003. Departamento de Desarrollo Sostenible. Mejora de la agricultura de regadío, recuperado de <http://www.fao.org/docrep/005/y3918s/y3918s10.htm>. Noviembre 2016.

FAO, IFA, 2004. Estimaciones globales de las emisiones gaseosas de NH_3 , NO y N_2O provenientes de las tierras agrícolas.

FAO, 2005. Conservación de los Recursos Naturales para una agricultura sostenible, fertilidad del suelo. Recuperado de http://www.fao.org/ag/ca/training_materials/cd27-spanish/cp/introduction.pdf, Noviembre 2016.

FAO, 2006, Agricultura Orgánica, recuperado de <http://www.fao.org/organicag/oa-faq/oa-faq6/es/>, Noviembre 2016.

FAO, Departamento de Desarrollo sostenible, Capítulo 5, Agricultura de Conservación, recuperado de <http://www.fao.org/docrep/008/y4690s/y4690s0a.htm>. Noviembre 2016.

FAO, Manejo Agronómico recuperado en <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/a1359s/a1359s03.pdf>

Farfán, V, F; Baute B, J; Sánchez, A, P; Menza F, H: 2010. Guamo Santafero en Sistemas Agroforestales con Café, Avances Técnicos 396, Cenicafe, Chinchiná, Caldas, Colombia.

Finca y Campo. Las ventajas de una huerta casera, recuperado de <http://www.fincaycampo.com/2015/02/las-ventajas-de-una-huerta-casera/>, Diciembre 2016.

Fliebach A., Oberholzer H., Gunst L., Mader P. (2006). Soil organic matter and biological soil quality indicators after 21 years of organic and conventional farming. Agriculture, Ecosystems and Environment 118: 273-284. Recuperado de <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.460.6456&rep=rep1&type=pdf>, Noviembre 2016.

Finca y Campo, recuperado de <http://www.fincaycampo.com/2015/02/las-ventajas-de-una-huerta-casera/>, Diciembre 2016.

FONADE – IDEAM, 2013. Efectos del cambio climático en la producción y rendimientos de cultivos por sectores. Evaluación del riesgo agroclimático por sectores.

Hernández A, Barreto L. A, CORMAGDALENA, 2013. Caracterización física, demográfica, social y económica de los municipios ribereños de la jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional del Río Grande de la Magdalena.

Herruzo, A. 2002. Fundamentos y métodos para la valoración de bienes ambientales. Universidad Politécnica de Madrid.

Informe sobre temas hídricos No. 35, Roma. Recuperado de <http://www.fao.org/3/a-i1629s.pdf>, Noviembre 2016.

Huertos Familiares, PIAN MAZAHUA, recuperado en <http://mazahua.nutricionemexico.org.mx/index.php/acciones/huertos-familiares>. Noviembre 2016.

INNATIA- Salud, bienestar y tradiciones. Recuperado de <http://www.innatia.com/s/c-huerta-organica/a-beneficios-de-la-comida-ecologica.html>). x

Instituto Colombiano de Hidrología, Meteorología y Adecuación de Tierras, HIMAT, Resolución 0337 de 1978.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi, IGAC, 2015. Declaraciones del Gerente del IGAC, en el día mundial de la Tierra.

Karanja, S. 2015. Methodology for evaluating profitability in agricultural systems.

Lavado, A.P. 2013. Vulnerabilidad del sector agrícola frente al cambio climático en la Cuenca Alta del Río Cauca. Decision and policy análisis research área-DAPA. CIAT, UNICAUCA, UNICALDAS, CENICAFÉ, MADR, DNP, IDEAM.

Martínez M., *et al*, 2004, Cultivo en Franjas. Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural, SAGAR. Recuperado de <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichasCOUSSA/Cultivo%20en%20franjass.pdf>, Noviembre 2016.

Ministerio de Agricultura y Ganadería, MAG, 2010, Guía Técnica para la difusión de tecnologías de producción agropecuaria sostenible, Costa Rica.

Miranda, J.J, 2010. La Evaluación Financiera, Gestión de Proyectos, Capítulo 9. Recuperado de http://antioquia.gov.co/banco-proyectos/9_evaluacion_financiera.pdf, 2016.

Noda Yolai, 2009. Las Micorrizas: Una alternativa de fertilización ecológica en los pastos. Pastos y Forrajes v.32 n.2 Matanzas abr.-jun. 2009, Cuba. Recuperado en http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942009000200001

Novelo, G.M. (1994). "Criterios técnicos en la evaluación de proyectos". FIRA. Boletín Informativo Núm. 263, Vol. XXVII. Agosto. pp. 12, 38-44.

Ortega David, 2013. Sequía: Causas y Efectos de un Fenómeno Global. Mexican Institute of Water Technology (IMTA).

Ortega, L.A. 2015. Manejando el Clima desde la Vereda, Fundación Ecohabitats, CGIAR, CCAFS, Climate Change, Agriculture and Food Security.

Osorio A.M., Howland F., Andrieu N. 2015. Monitoreo y evaluación de una dinámica colectiva para mejorar la adaptación local al Cambio climático en el TESAC de Colombia.

OMS, 2002. Informe sobre la salud en el mundo 2002.

OMS, 2010, Informe sobre la salud en el mundo 2010.

PASOLAC, 2.000. Guía Técnica de Conservación de Suelos y Aguas.

Pérez G. J, Arrieta A. M, Contreras J. G., 2015. Río Cauca: La geografía económica de su área de influencia. Banco de la República.

PIANN MAZAHUA, Huertos Familiares, Modelo Integral de Atención al Desarrollo Social Comunitario, la Nutrición y el Neurodesarrollo Infantil, México. Recuperado en <http://mazahua.nutricionenmexico.org.mx/index.php/acciones/huertos-familiares>. Diciembre 2016.

PNUD, MDGIF, IDEAM, FUNDACIÓN RÍO PIEDRAS, 2011, Evaluación de la vulnerabilidad al cambio climático en la parte media y alta de la Subcuenca del Río Molino, Municipio de Popayán. Convenio Fundación Río Piedras y PNUD.

Por qué te conviene utilizar fertilizantes orgánicos? (sus sorprendentes ventajas) Recuperado en <http://ecoosfera.com/2014/11/por-que-te-conviene-usar-fertilizantes-organicos-sus-sorprendentes-ventajas/>. Diciembre 2016.

SAGARPA – COFUPRO – UNAM, 2013. Los Biofertilizantes y su uso en la Agricultura. Manual Teórico – Práctico, México, D. F.

Sain, G. 2015. Metodología para la Evaluación de la Rentabilidad de introducir Tecnologías ASAC en el Sistema de Producción Agropecuario. Programa de Investigación en Cambio Climático y Seguridad Alimentaria (CCAFS); Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cali. Colombia.

Salomon, Joshua A. Harvard School of Public Health, United States of America. Boletín de la Organización Mundial de la Salud 2010; 88:879-879.

Sotelo, J, 2001. Consideraciones sobre las externalidades negativas de la economía de mercado en el contexto de la integración ambiental. Universidad de San Pablo-CEU. Observatorio Medioambiental, 2001, No. 4, 193- 203.

Tobar D.E & Ibrahim Muhammad, 2010 ¿Las cercas vivas ayudan a la conservación de la diversidad de mariposas en paisajes agropecuarios?, Programa de Ganadería y Manejo del Medio Ambiente (GAMMA), Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Turrialba, Costa Rica. Rev. Biol. Trop. 58 (1): 447-463. Epub 2010.

UNICEF, Beneficios de la comida ecológica, recuperado de <http://www.innatia.com/s/c-huerta-organica/a-beneficios-de-la-comida-ecologica.html>, diciembre 2016.

USAID, MIDA, COPES, 2004, Buenas Prácticas para la Ganadería Sostenible. Recuperado de http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/Pnadx692.pdf, Noviembre 2016.

Winpenny J., *et al*, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, FAO, 2013. Reutilización del agua en la agricultura: Beneficio para todos?

Anexo 1. COSTO DE LAS MEDIDAS DE ADAPTACIÓN TeSAC CAUCA.

ESTRUCTURA DE COSTOS DE LAS MEDIDAS DE ADAPTACIÓN TeSAC CAUCA, 2016.													
	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12
COSTOS DE MEDIDAS DE ADAPTACIÓN	COSTOS DE INSTALACIÓN	COSTOS DE MANTENIMIENTO											
Huerta horizontal con cubierta	644.100	24.000	24.000	24.000	24.000	210.000	24.000	24.000	24.000	24.000	210.000	24.000	24.000
Costo Riego por goteo	506.075	24.000	24.000	24.000	24.000	88.750	24.000	24.000	24.000	24.000	88.750	24.000	24.000
Costo Biofábrica	328.940	24.000	24.000	24.000	24.000	71.000	24.000	24.000	24.000	24.000	71.000	24.000	24.000
Costo Cosecha aguas lluvia	1.006.696	24.000	24.000	24.000	24.000	79.000	24.000	24.000	24.000	24.000	79.000	24.000	24.000
Costo Ariete Artesanal	337.210	24.000	24.000	24.000	24.000	74.000	24.000	24.000	24.000	24.000	74.000	24.000	24.000
Costo Reservorio	418.005	24.000	24.000	24.000	24.000	74.000	24.000	24.000	24.000	24.000	74.000	24.000	24.000
Costo Bomba Tipo Camándula	474.600	24.000	24.000	24.000	24.000	100.000	24.000	24.000	24.000	24.000	100.000	24.000	24.000
Costo Cosecha agua en potreros	513.080	24.000	24.000	24.000	24.000	154.000	24.000	24.000	24.000	24.000	154.000	24.000	24.000
Costo Microaspersión portátil	228.950	24.000	24.000	24.000	24.000	84.000	24.000	24.000	24.000	24.000	84.000	24.000	24.000
Costo Franjas Multiestrato	272.200	24.000	24.000	24.000	24.000	100.000	24.000	24.000	24.000	24.000	100.000	24.000	24.000

Fuente: Elaboración Propia, CCAFS, CIAT, con base en información de la Fundación ECOHABITATS 2016

Anexo 2. COSTO DE PRODUCCIÓN DE LOS SISTEMAS PRODUCTIVOS TeSAC CAUCA.

COSTOS DE PRODUCCIÓN POR HECTÁREA CAFÉ CON SOMBRÍO	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10	AÑO 11	AÑO 12
Jornales		2.004.000	924.000	1.212.000	1.008.000	1.008.000	1.032.000	1.044.000	924.000	1.212.000	1.008.000	1.008.000	1.008.000
Insumos		5.029.000	3.189.000	3.189.000	3.189.000	3.189.000	3.189.000	3.189.000	3.189.000	3.189.000	3.189.000	3.189.000	3.189.000
Cosecha		0	0	430.000	430.000	430.000	330.000	0	0	430.000	430.000	430.000	330.000
Subtotal Costos Variables		7.033.000	4.113.000	4.831.000	4.627.000	4.627.000	4.551.000	4.233.000	4.113.000	4.831.000	4.627.000	4.627.000	4.527.000
Administración		351.650	205.650	241.550	231.350	231.350	227.550	211.650	205.650	241.550	231.350	231.350	226.350
TOTAL COSTOS POR HECTÁREA \$ CAFÉ CON SOMBRÍO		7.384.650	4.318.650	5.072.550	4.858.350	4.858.350	4.778.550	4.444.650	4.318.650	5.072.550	4.858.350	4.858.350	4.753.350

Fuente: Elaboración Propia, CCAFS, CIAT, con base en información de las encuestas realizadas a Productores TeSAC Cauca, 2016.

ANEXO 2.2													
COSTOS DE PRODUCCIÓN POR HECTÁREA CAFÉ SIN SOMBRÍO	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10	AÑO 11	AÑO 12
Jornales		2.256.000	1.176.000	1.464.000	1.260.000	1.260.000	1.284.000	1.296.000	1.176.000	1.464.000	1.260.000	1.260.000	1.260.000
Insumos		5.479.000	3.639.000	3.639.000	3.639.000	3.639.000	3.639.000	3.639.000	3.639.000	3.639.000	3.639.000	3.639.000	3.639.000
Cosecha		0	0	510.000	510.000	510.000	390.000	0	0	510.000	510.000	510.000	390.000
Subtotal Costos Variables		7.735.000	4.815.000	5.103.000	4.899.000	4.899.000	4.923.000	4.935.000	4.815.000	5.103.000	4.899.000	4.899.000	4.899.000
Administración		386.750	240.750	280.650	270.450	270.450	265.650	246.750	240.750	280.650	270.450	270.450	264.450
TOTAL COSTOS POR HECTÁREA \$ CAFÉ SIN SOMBRÍO		8.121.750	5.055.750	5.893.650	5.679.450	5.679.450	5.578.650	5.181.750	5.055.750	5.893.650	5.679.450	5.679.450	5.553.450

Fuente: Elaboración Propia, CCAFS, CIAT, con base en información de las encuestas realizadas a Productores TeSAC Cauca, 2016.

ANEXO 2.3													
COSTOS DE PRODUCCIÓN POR HECTÁREA CAÑA PANELERA	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10	AÑO 11	AÑO 12
Jornales		1.284.000	1.716.000	1.032.000	684.000	1.716.000	1.032.000	684.000	1.716.000	1.032.000	684.000	1.716.000	1.032.000
Insumos		2.190.000	710.000	0	710.000	710.000	0	710.000	710.000	0	710.000	710.000	0
Cosecha		0	3.785.000	3.785.000	0	3.785.000	3.785.000	0	3.785.000	3.785.000	0	3.785.000	3.785.000
Subtotal Costos Variables		3.474.000	6.211.000	4.817.000	1.394.000	6.211.000	4.817.000	1.394.000	6.211.000	4.817.000	1.394.000	6.211.000	4.817.000
Administración		173.700	310.550	240.850	69.700	310.550	240.850	69.700	310.550	240.850	69.700	310.550	240.850
TOTAL COSTOS POR HECTÁREA \$ CAÑA PANELERA		3.647.700	6.521.550	5.057.850	1.463.700	6.521.550	5.057.850	1.463.700	6.521.550	5.057.850	1.463.700	6.521.550	5.057.850

Fuente: Elaboración Propia, CCAFS, CIAT, con base en información de las encuestas realizadas a Productores TeSAC Cauca, 2016.



El Programa de Investigación de CGIAR en Cambio Climático, Agricultura y Seguridad Alimentaria (CCAFS), liderado por el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), reúne algunos de los mejores investigadores del mundo en la ciencia agrícola, investigación para el desarrollo, las ciencias del clima y de la tierra, para identificar y abordar las interacciones más importantes, las sinergias y disyuntivas entre el cambio climático, la agricultura y la seguridad alimentaria. www.ccafs.cgiar.org.

CGIAR es una alianza mundial de investigación para un futuro sin hambre. Su labor científica es llevada a cabo por 15 centros CGIAR en cercana colaboración con cientos de organizaciones socias. www.cgiar.org.

Este trabajo ha sido desarrollado como parte del Programa de Investigación de CGIAR en Cambio Climático, Agricultura y Seguridad Alimentaria (CCAFS), el cual es llevado a cabo con apoyo de los donantes del Fondo CGIAR y a través de acuerdos bilaterales de financiación. Para detalles por favor visite <https://ccafs.cgiar.org/es/donantes>. Las opiniones expresadas en este documento no pueden ser tomadas como opiniones oficiales de estas organizaciones.



CCAFS América Latina

Centro Internacional de Agricultura Tropical

Km. 17 Recta Cali-Palmira. Palmira, Valle del Cauca, Colombia

una iniciativa de



PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN DE CGIAR EN

**Cambio Climático,
Agricultura y
Seguridad Alimentaria**



CIAT

Centro Internacional de Agricultura Tropical
Desde 1967 Ciencia para cultivar el cambio



Fundación EcoHabitats
Colombia