



**Efectos de la variabilidad climática en la producción de café en el municipio de
Betania: Alternativas de adaptación para su manejo**

**Effects of climate variability on coffee production in the municipality of Betania:
Adaptation alternatives for its management**

Por

**JORGE ANDRÉS BERRÍO MONTOYA
LEIMAR ARMANDO ECHEVERRI OQUENDO**

**Trabajo de grado para optar a título de
Especialistas en café**

Asesores

**ROBERTO MOSQUERA BALLESTEROS
Maestría en Ingeniería**

**SARA MARÍA MÁRQUEZ GIRÓN
Doctorado en Agroecología**

**UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA
FACULTAD DE CIENCIAS FARMACÉUTICAS Y ALIMENTARIAS
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
SECCIONAL SUROESTE
ANDES, ANTIOQUIA
2020**

Dedicatoria

Esta investigación va dedicada a nuestras familias por el amor y apoyo incondicional brindado durante largas jornadas impregnadas de arduo trabajo, esfuerzo y dedicación. Gracias a nuestros padres por inculcar en cada uno de nosotros la paciencia y la disciplina como base fundamental en todo lo que hacemos.

Tabla de contenido

Introducción	14
Capítulo 1.....	16
1. Planteamiento del problema	16
1.1. Árbol del problema.....	17
2. Objetivos.....	18
2.1. Objetivo general	18
2.2. Objetivos específicos.....	18
3. Marco referencial.....	19
3.1. Cambio climático a nivel global y regional.....	19
3.2. Estrategias adaptativas frente al cambio climático en la región andina	20
3.3. Cambio climático a nivel local.....	21
3.4. Influencia del fenómeno de “El Niño” en el municipio de Betania	22
3.5. Definiciones.....	23
4. Metodología	27
5. Resultados.....	30
5.1. Caracterización de los sistemas de producción	31
5.2. Análisis posterior a la entrevista a expertos	49
5.3. Presentación de los resultados de impactos ambientales. Objetivo 2.....	50
5.3.1. Matriz de Leopold.....	50
5.3.2. Resultado matriz Leopold.....	50
5.4. Estrategias de adaptación y mitigación.....	51
5.4.1. Monocultivo.....	51
5.4.2. Cultivo asociado	55
5.4.3. Cultivo Multidiverso.....	56
5.5. Estrategias generalizadas para la adaptación y mitigación de efectos climáticos adversos (granizadas, vientos fuertes y tormentas)	57
5.6. Recomendaciones	59
6. Discusión.....	60
7. Conclusiones.....	62

8. Agradecimientos	63
9. Referencias bibliográficas	64
Anexos	69

Lista de tablas

Tabla 1. Identificación de impactos ambientales adversos. Adaptación de la matriz de Leopold.	50
Tabla 2. Recomendaciones técnicas.....	59

Lista de figuras

Figura 1. Árbol de problemas.	17
Figura 2. Eventos climáticos adversos.	31
Figura 3. Área sembrada en café.	31
Figura 4. Densidad promedio de siembra del cultivo de café.	32
Figura 5. Daños observados en los cultivos.	32
Figura 6. Disminución en la calidad de la cosecha.	33
Figura 7. Estado de conservación de las fincas.	33
Figura 8. Estratos del cultivo de café.	34
Figura 9. Sistemas de sombrío del cultivo de café.	34
Figura 10. Cultivos alternos en las fincas.	35
Figura 11. Relación entre la altura sobre el nivel del mar y los eventos climáticos adversos.	36
Figura 12. Relación entre eventos climáticos adversos, frecuencia anual y aumento de la frecuencia.	37
Figura 13. Relación entre eventos climáticos adversos, área de la finca y daños observados.	38
Figura 14. Relación entre eventos climáticos adversos, daños observados y disminución en la calidad de las cosechas.	39
Figura 15. Relación eventos climáticos adversos, estado de conservación y sistemas de sombrío.	40
Figura 16. Relación entre eventos climáticos adversos, procesadora de pulpa y fertilización orgánica y química.	41
Figura 17. Relación entre daños observados, productividad y disminución en la calidad.	42
Figura 18. Relación entre sistemas de sombrío, daños observados y disminución en la calidad.	43
Figura 19. Relación entre sistemas de sombrío y aplicación de herbicidas.	44
Figura 20. Precipitación anual en milímetros (mm) mes de abril.	45

Figura 21. Precipitación anual en milímetros (mm) mes de julio.	46
Figura 22. Precipitación anual en milímetros (mm) mes de agosto	47
Figura 23. Precipitación anual en milímetros mm (litros por metro cuadrado) mes de septiembre.	48
Figura 24. Porcentaje de sombreamiento.	52
Figura 25. Diagrama de flujo del sistema agroforestal con café, como sistema complejo.	54

Lista de anexos

Anexo A. Encuesta semiestructurada.	69
Anexo B. Entrevista a expertos.	77
Anexo C. Aumento de la frecuencia por año.	80
Anexo D. Biodiversidad vegetal.	80
Anexo E. Ubicación geográfica fincas visitadas.	81

Glosario

- **Acidificación:** proceso químico por el que algunas sustancias se transforman, adquiriendo características ácidas.
- **Actividades antrópicas:** Producido o modificado por la actividad humana. Son actividades antrópicas, por ejemplo: la deforestación, la pesca, la agricultura, la mayoría de las emisiones de gases de carbono a la atmósfera (de origen fabril, vehicular, etc.)
- **Aguas mieles:** residuos emitidos después del proceso de lavado del café.
- **Amorfo:** sin forma regular o bien determinada.
- **Antropogénicas:** actividades pertenecientes o relativas a lo que procede de los seres humanos que, en particular, tienen efectos sobre la naturaleza.
- **Astringencia:** Sensación táctil de una cierta aspereza percibida en la lengua producida principalmente por cafés de la especie Robusta.
- **Beneficio húmedo:** se define como la infraestructura básica que cada productor debe implementar en sus fincas para el beneficio del café, para transformar el café cerezo en café pergamino seco (12-13% de humedad), listo para la comercialización.
- **Beneficio seco:** es el producto del beneficio del grano el cual se obtiene después de quitarle la cáscara y el mucílago, lavarlo y secarlo hasta una humedad del 12%. Nombre del café que comercializa el caficultor al interior del país. El contenido de agua está entre 10-12%.
- **Biomasa vegetal:** productos y residuos de materia vegetal procedentes de distintas actividades, cuyo contenido energético se puede valorizar.
- **BPA:** Buenas Prácticas Agrícolas. conjunto de principios, normas y recomendaciones técnicas aplicables a la producción, procesamiento y transporte de alimentos, orientadas a asegurar la protección de la higiene, la salud humana y el medio ambiente, mediante métodos ecológicamente seguros, higiénicamente aceptables y económicamente factibles.

- **Catación:** es la descripción y/o medición de características físicas y organolépticas del café. Puesto que permite evaluar atributos, cualidades y defectos, se convierte en una herramienta de control de calidad al final del proceso de transformación del producto.
- **ENOS:** El Niño-Oscilación del Sur (ENOS) es un fenómeno natural que implica temperaturas oceánicas fluctuantes en el Pacífico ecuatorial.
- **Factor de rendimiento:** El factor de rendimiento es la cantidad de café pergamino seco (CPS) que se necesita para obtener un saco de 70 kilos de café excelso y se determina al momento de realizar el análisis físico del café que se va a vender.
- **CO₂:** el dióxido de carbono, también llamado anhídrido carbónico es un gas incoloro e inodoro.
- **Difracción:** Fenómeno por el cual se produce una desviación de los rayos luminosos cuando pasan por un cuerpo opaco o por una abertura de diámetro menor o igual que la longitud de onda.
- **Servicios ecosistémicos:** son aquellos beneficios que un ecosistema aporta a la sociedad y que mejoran la salud, la economía y la calidad de vida de las personas.
- **Floración:** Acción de florecer los cultivos de café.
- **Fructificación:** Periodo de tiempo en que se forma un fruto. Comienza inmediatamente después de concluir la floración y posterior a la polinización. Los frutos se forman y maduran para luego producir semilla.
- **Ha:** hectárea.
- **Hidrometeorológico:** Rama de la ciencia de la atmósfera y la hidrografía que estudia la transferencia de agua y energía entre la superficie y la atmósfera. Se deben a la acción de factores atmosféricos, como el viento, la lluvia o cambios bruscos en la temperatura.
- **Matriz LEOPOLD:** Método cualitativo de evaluación de impacto ambiental creado en 1971. Se utiliza para identificar el impacto inicial de un proyecto en un entorno natural. El sistema consiste en una matriz de información donde las columnas

representan varias actividades que se hacen durante un proyecto y en las filas se representan varios factores ambientales que son considerados.

- **Milímetro (mm):** Unidad de longitud equivalente a la milésima parte de 1 metro. (Símb. mm).
- **Monocultivo:** sistema de producción agrícola que consiste en dedicar toda la tierra disponible al cultivo de una sola especie vegetal.
- **Oscilación cuasi-bienal:** es una oscilación del sentido de la componente zonal del viento en alturas entre los 30 y los 50 hPa, que cambia de sentido aproximadamente cada dos años. Esta oscilación está limitada latitudinalmente entre los 12°N y los 12°S, aunque aún se puede identificar en latitudes fuera de ese intervalo.
- **Precipitación:** Es cualquier forma de hidrometeoro que cae de la atmósfera y llega a la superficie terrestre. Este fenómeno incluye lluvia, llovizna, nieve, aguanieve y granizo.
- **Sistemas agroforestales:** Describen un sistema de uso de la tierra en el cual se combinan temporal y espacialmente árboles con cultivos de valor económico.
- **SMTA:** Sistema Modular de Tratamiento Anaerobio. Este es un sistema de tratamiento utilizado para disminuir la contaminación de las aguas residuales generadas en el lavado del café y originadas en beneficiaderos húmedos donde se retira el mucilago o baba del café por medio de fermentación natural.
- **Zoqueo:** proceso de poda profunda, llegando a extirpar gran parte del tronco y los tallos.

Resumen

El presente trabajo pretende contribuir con diferentes estrategias de adaptación y mitigación de eventos climáticos adversos, como vientos fuertes y granizadas que afectan los sistemas de producción de café en las veredas delimitadas en el área de estudio, (Las Ánimas, La Libia, La Irene, La Ladera, La Linda y Los Aguacates) ubicadas en el municipio de Betania. Algunas de las causas de esta problemática, hacen referencia al cambio climático y al desconocimiento de implementación de sistemas agrícolas eficientes y sostenibles.

Se realizó una revisión significativa sobre los principales puntos de la investigación que fueron el cambio climático y los sistemas de producción de café. Asimismo, se aplicó una encuesta a 21 fincas cafeteras del municipio de Betania con el fin de caracterizar los sistemas de producción. Del mismo modo, para la identificación de los impactos causados por granizadas y vientos fuertes en la producción de café se realizó un diagnóstico de la situación inicial soportada en una adaptación de la matriz LEOPOLD. Finalmente, se realizó una entrevista semiestructurada a diferentes expertos de entidades cafeteras (ver anexo B), con el fin de conocer información de las principales afectaciones que disminuyen la calidad de la cosecha.

Con los resultados que se obtuvieron por medio de la investigación, fue posible identificar las principales problemáticas y necesidades que tienen los caficultores de la zona afectada, además los diferentes análisis estadísticos, permitieron ratificar la investigación realizada, así como también establecer alternativas de adaptación y mitigación en los sistemas de producción cafetera local.

Palabras clave: variabilidad climática, cambio climático, café, alternativas, Betania, granizadas, vendavales, tormentas, monocultivo, sistemas de producción de café.

Abstract

The present work aims to contribute with different strategies for adaptation and mitigation of adverse climatic events, such as strong winds and hailstorms that affect coffee production systems in the villages delimited in the study area, (Las Ánimas, La Libia, La Irene, La Ladera, La Linda and Los Aguacates) located in the municipality of Betania. Some of the causes of this problem refer to climate change and a lack of knowledge in the implementation of efficient and sustainable agricultural systems.

A significant review was carried out on the main research points, which were climate change and coffee production systems. Likewise, in order to characterize the production systems, a survey was applied to 21 coffee farms in the municipality of Betania. Furthermore, to identify the impacts caused by hailstorms and strong winds on coffee production, a diagnosis of the initial situation supported by an adaptation of the LEOPOLD matrix was carried out. Finally, a semi-structured interview was performed with different experts from coffee-growing entities, in order to know information on the main effects that decrease the quality of the harvest.

With the results obtained through the research, it was possible to identify the main problems and needs that coffee growers in the affected area have, in addition to the different statistical analyzes that allowed ratifying the research carried out, as well as establishing adaptation and mitigation alternatives in the local coffee production systems.

Keywords: climate variability, climate change, coffee, alternatives, Bethany, hailstorms, gales, storms, monoculture, coffee production systems.

Introducción

El cambio climático es un fenómeno de escala mundial, cuyos efectos se han intensificado en las últimas décadas, en gran parte debido a actividades antrópicas (Howden et al., 2007). Sin embargo, estos efectos pueden variar de región en región (Altieri & Nicholls, 2008). Para el caso de Suramérica, en la región de la Amazonía y los Andes, si no se toman acciones frente a las emisiones de CO₂ actuales, se proyecta para el año 2050 aumentos de la temperatura entre los 2 y los 4°C; así como también elevaciones de por lo menos 2,5% del valor de precipitación media anual, lo que puede ocasionar el incremento de fenómenos naturales extremos. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2014).

Se prevé que para el año 2050 en Colombia, el 80% de los cultivos, que constituyen un 60% del área cultivada total del país, sean afectados por el cambio climático (Lau et al., 2013). Estos impactos negativos y las posibles estrategias de adaptación a implementar han sido estudiados por diversos autores, entre los que se destaca el trabajo de Ocampo (2011), que analiza el efecto general de fluctuaciones climáticas en el agro; y el de Jaramillo-Robledo (2005), que estudia el problema centrándose en el cultivo del café.

Con el paso de los años, la tradición y la cultura del Suroeste Antioqueño han hecho que esta región se caracterice por la producción de café de alta calidad, el cual ha pasado de ser un oficio artesanal que se transmitió de generación en generación para convertirse en un estilo de vida de muchas familias, transformando sus unidades productivas en empresas y microempresas cafeteras, con el apoyo de organizaciones como la Federación Nacional de Cafeteros y la Cooperativa de Caficultores de Andes Ltda, que han contribuido a la formación de estas (Zuluaga Tamayo, 2007)

Una de las localidades con mayor porcentaje de área sembrada en café en el Suroeste Antioqueño es el municipio de Betania, que ha sido afectado en los últimos años por diferentes eventos climáticos (vientos fuertes y granizadas) que han ocasionado daños en los cultivos de café y por ende la economía del municipio, con afectaciones que superan las 500 ha, damnificando al 5% en promedio de las familias que conforman la base social

de la cooperativa de caficultores que hace presencia en la zona (Cooperativa de Caficultores de Andes Ltda, 2018). Situaciones como esta obligan a realizar un plan de manejo integral para la adaptación y mitigación de los cultivos ante el impacto negativo del cambio climático.

El presente trabajo plantea alternativas de adaptación de los sistemas de producción de café para mitigar efectos adversos de la variabilidad climática que se vienen incrementando e intensificando en el municipio de Betania, afectando drásticamente los cultivos de café del municipio, lo que repercute en la sostenibilidad social, ambiental y económica de la zona .

Para esto, se propone analizar el impacto del cambio climático en la producción de café en el municipio de Betania, con la hipótesis de que al caracterizar los sistemas de producción de café e identificar los impactos del cambio climático, se establezcan estrategias de adaptación y mitigación, así como también analizar la variabilidad climática y la afectación en los cultivos de café.

Capítulo 1.

1. Planteamiento del problema

Una de las mayores preocupaciones a nivel mundial es la influencia que ha tenido y tendrá el calentamiento global y por tanto el cambio climático en los diferentes sectores económicos, especialmente en los países en vía de desarrollo. En Colombia el sector agrícola ocupa un renglón importante en la economía, incluyendo el café (Fernández, 2013), como uno de los productos que dinamiza la economía del país, este viene siendo afectado por los efectos del cambio climático. Las alternativas de adaptación de los sistemas de producción del grano le permitirán a los caficultores minimizar los daños que se vienen presentando en sus cultivos, de manera que se pueda garantizar una sostenibilidad económica, social y ambiental a mediano y largo plazo. Dichas alternativas consisten en la implementación de procesos de adaptación con base en los fundamentos relacionados en el manejo de especies arbóreas nativas y adopción de sistemas agroforestales. Además, de la ejecución de las BPA (Buenas Prácticas Agrícolas).

Es importante resaltar que, en la región del suroeste antioqueño, el municipio de Betania se caracteriza por tener una caficultura tecnificada e intensiva a libre exposición solar, que la hace altamente vulnerable a los fenómenos climáticos extremos (vientos fuertes y granizadas), las cuales año tras año se vienen incrementando e intensificando, provocando daños severos a estos cultivos y afectando la calidad del producto terminado (café pergamino seco), y con ello la economía de las familias dedicadas a la actividad cafetera, dejando como resultado diversas dificultades logísticas, ambientales, sociales y económicas, situación que afecta especialmente a la mayoría de caficultores y sus familias, siendo el 80,96% pequeños productores que cuentan con unidades productivas inferiores a 5 ha, los cuales dependen en gran medida de esta actividad para su sustento. Estas problemáticas generadas a causa del cambio climático requieren de un estudio en la zona , debido a que año tras año se ha incrementado significativamente la severidad y regularidad de los fenómenos naturales anteriormente mencionados (Federación Nacional de Cafeteros, 2020)

De ahí la importancia del presente trabajo, que finalmente busca obtener mejores respuestas adaptativas de los sistemas de producción de café, con alternativas para la adaptación de los sistemas agroforestales, sistemas multidiversos y cultivos asociados para la mitigación de los impactos generados por el cambio climático que sean de gran utilidad para mejorar y garantizar la calidad de vida de los caficultores y sus familias, optimizando los rendimientos del cultivo y la calidad de estos. Así como también implementando prácticas agronómicas con dos objetivos: reducción del impacto generado por el suceso y el manejo agronómico posterior al mismo.

1.1. Árbol del problema

La afectación de los cultivos de café en el municipio de Betania a causa del cambio climático se hace más intensa, toda vez que los sistemas de producción predominantes son aquellos que se encuentran establecidos a libre exposición solar. Esta problemática se genera por causas tales como: establecimientos de monocultivos y sistemas de producción ineficientes. Esto genera cultivos altamente vulnerables a efectos ambientales extremos (vientos fuertes y granizadas), al mismo tiempo se generan daños graves en los cultivos y pérdidas económicas y ambientales, lo que repercute en la calidad de vida de los agricultores de la zona.

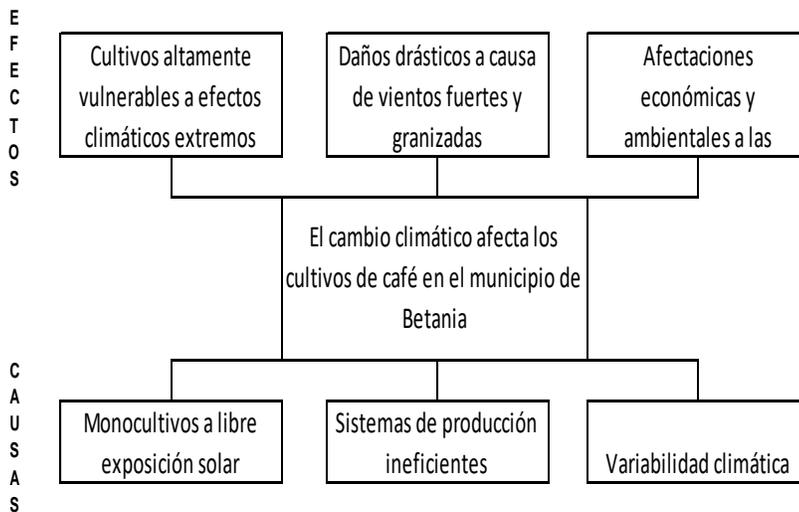


Figura 1. Árbol de problemas.

2. Objetivos

2.1. Objetivo general

Analizar los efectos del cambio climático en la producción de café, particularmente granizadas y vientos fuertes, con el fin de plantear estrategias de prevención y adaptación en el manejo agronómico del cultivo en el municipio de Betania.

2.2. Objetivos específicos

- Caracterizar los tipos de sistemas de producción de café que predominan en el municipio.
- Identificar impactos causados por granizadas y vientos fuertes en la producción de café en la zona.
- Plantear estrategias de manejo agronómico para prevenir, mitigar y adaptar los efectos de las granizadas y vientos fuertes.

3. Marco referencial

3.1. Cambio climático a nivel global y regional

El cambio climático es un fenómeno que se produce por la interacción de múltiples factores, tanto naturales como antrópicos. A lo largo de la historia de la tierra, como consecuencia de variaciones climáticas naturales, se han presentado modificaciones abruptas de los ecosistemas a nivel global (Cubasch et al., 2013). Sin embargo, en los últimos siglos, y en especial en el siglo XX y XXI, las actividades humanas y el aumento exponencial de la población, han incrementado significativamente las emisiones de CO₂ atmosférico, ocasionando que la temperatura media global se eleve (Bindoff et al., 2013).

Lo anterior ocurre principalmente debido a un mecanismo que ocasiona el calentamiento de la atmósfera terrestre, llamado efecto invernadero. Esto sucede naturalmente, pues los niveles “normales” de CO₂ (0,03%) permiten que la tierra mantenga una temperatura apta para la vida (Caballero et al., 2007). El problema surge cuando los niveles de CO₂ se elevan más de lo normal, lo que causa que la radiación solar, cuando rebota en la superficie terrestre, no escape al espacio, sino que sea difractada nuevamente debido al CO₂ atmosférico, regresando a la superficie terrestre y calentando el planeta (Robinson et al., 2013).

El incremento en la temperatura del planeta ha llevado a que se conformen organizaciones científicas como el *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC), un panel de expertos que se reúne periódicamente para evaluar con base en investigaciones científicas el estado del clima a nivel global, además de proponer políticas y alternativas para mitigar este fenómeno. En su último informe general, publicado en el 2014, concluyeron que si no se toman acciones para disminuir las emisiones de CO₂ atmosférico, para el 2050 el planeta podría sufrir un incremento de entre 2 y 4° C de temperatura media (IPCC, 2014).

Para el caso de Colombia, desde inicios del siglo XXI se han realizado estudios que sustentan lo anteriormente mencionado: Pabón (2003) proyectó un incremento de entre 1 y 2°C en la temperatura promedio del país, si a finales del siglo XXI se duplican los niveles

de CO₂ atmosféricos presentes a inicios de siglo; el mismo autor, una década más tarde, reevaluó las proyecciones, mediante el uso de análisis estadísticos más profundos, proyectando incrementos de temperatura mayores (3°C – 4°C) para finales de siglo (Pabón, 2012).

3.2. Estrategias adaptativas frente al cambio climático en la región andina

Aunque las proyecciones mostradas anteriormente fueron calculadas para finales del siglo XXI, desde ahora se sienten los impactos de la variabilidad climática, reflejados por ejemplo en vendavales y granizadas (Peña Beltran, 2015). Es por ello que se han empezado a generar estrategias de adaptación a los efectos climáticos adversos. Por ejemplo, Jaramillo-Robledo (2005), realizó un análisis de las principales variables involucradas en los cambios abruptos del clima, con énfasis en la región andina Colombiana, donde están ubicados la mayoría de cultivos de café.

También se proponen estrategias ante el cambio climático en Colombia, según Lau et al. (2013). Algunas de las acciones más relevantes que se plantean son: 1) la reubicación de los cultivos de acuerdo con Planes de Ordenamiento Territorial; 2) la investigación en material genético para el desarrollo de cultivos con una mayor resistencia al calor; y 3) el manejo agronómico sostenible para evitar la degradación del suelo.

El cambio climático puede imponer graves desafíos a los agricultores para mantener los niveles de producción agrícola en el futuro. Sin embargo, la adopción de los sistemas agroforestales con 50% de cobertura de sombra pueden reducir las temperaturas medias y mantener áreas aptas para la producción de café en 2050 (Rahn et al., 2018), especialmente en zonas climáticas marginales; para el caso de las fincas objeto de estudio y que se encuentran en altitudes que promedian los rangos de 1.000 a 1.400 metros sobre el nivel del mar, se presenta esta estrategia como la principal en procesos de adaptación y mitigación de eventos climáticos adversos.

3.3. Cambio climático a nivel local

El municipio de Betania también ha sufrido los efectos adversos del cambio climático en la región andina colombiana. Episodios como vendavales, granizadas, movimientos en masa y avenidas torrenciales, llevaron a que amparados en la Ley 1523 (2012) del Congreso de la República de Colombia, La Alcaldía Municipal creara el “*Consejo Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres del Municipio de Betania*”, mediante el Decreto 200-12-60 (2012). Años más tarde, en el 2016, esta organización realizó el “*Plan Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres*”, que caracteriza multidimensionalmente al municipio y establece los riesgos asociados a fenómenos naturales, así como los protocolos a seguir para prevenir y mitigar posibles eventos adversos en la localidad (CMGRD Betania, 2016).

El cambio climático afecta la producción de café tanto a nivel mundial como local, muchas zonas dejarán de producir este cultivo, sin embargo, quienes continúen en la agricultura se verán obligados a sustituir el cultivo. La variación de la producción de café está relacionada directamente con la variabilidad climática. Estos factores afectan el desarrollo de las fases fenológicas del cultivo (Castillo et al., 2018), en el caso de vientos fuertes y granizadas se tendrán afectaciones físicas en la planta y en el fruto disminuyendo considerablemente la cantidad y la calidad del mismo, afectando la economía del productor cafetero.

Dentro de las múltiples estrategias brindadas a los cafeteros por las diferentes entidades tipo federación nacional de cafeteros (FNC), y el centro nacional de investigación de café (Cenicafé), se encuentran procesos de adaptación a la variabilidad climática con el objetivo de sostener la productividad y la competitividad del sector (Castillo et al., 2018), en las estrategias de adaptación y mitigación al cambio climático se encuentran aspectos clave como: adecuado manejo de densidades y arreglos espaciales de los cafetales complementado con buen manejo agronómico, además de la implementación de cultivos asociados.

Un adecuado manejo del sombrero o la implementación de sistemas agroforestales, cuya función en el cafetal es regular las condiciones ambientales. La cobertura arbórea contribuye a la conservación de la humedad, regular la acción de la temperatura, reducir la evaporación del suelo y la transpiración de la planta, disminuir el desarrollo de las malezas y reducir la erosión (Soto et al., 2016) para la protección y la conservación de la humedad en largos periodos secos y la mitigación de efectos climáticos adversos. Además de la conservación de suelos por medio de siembras con curvas a nivel y conservación de arvenses para disminuir el impacto de la lluvia y la erosión del suelo.

3.4. Influencia del fenómeno de “El Niño” en el municipio de Betania

El ciclo ENOS (El Niño - Oscilación del Sur), es un fenómeno compuesto por un factor oceánico (El Niño), y un factor atmosférico (Oscilación del Sur). La interacción de estos dos factores ocasiona una variación periódica (cada 2 a 7 años) de la temperatura oceánica superficial, y de los regímenes de lluvias tanto en las regiones circundantes al océano pacífico, como en otras regiones del planeta (Guzmán, 2015). El primer componente (El Niño), consiste en un aumento de al menos 2° C de la Temperatura Superficial del Mar (TSM), cerca de las costas de Suramérica, que se prolonga por al menos 4 meses, mientras que paralelamente en el otro extremo del pacífico (Asia) la temperatura disminuye (Zambrano, 1996). Un fenómeno opuesto al anteriormente descrito se conoce como La Niña, en el que la temperatura de las aguas del pacífico oriental disminuye, mientras que en el occidente aumentan.

El otro factor que compone el ciclo ENOS es la Oscilación del Sur, que se define como la variación de dos grandes masas atmosféricas presentes en el Océano Índico y Océano Pacífico, que ocasionan cambios en la presión atmosférica de ambos sistemas (Pourrut, 1998). En Colombia la variabilidad climática interanual depende del niño y la niña que tiene repercusiones sociales, ambientales y económicas de gran magnitud. En Colombia hubo una gran transición de El niño a La niña en el año 2010, con severas

alteraciones del tiempo atmosférico y el clima en las regiones pacífica, andina y el caribe. (Turbay et al., 2014)

Una de las consecuencias más evidentes de este ciclo son las sequías prolongadas en las regiones Caribe y Andina (Guzmán, 2015).

El hecho de que el municipio de Betania esté ubicado en la vertiente oriental de la Cordillera Occidental Colombiana, hace que en esta localidad los efectos del *Fenómeno de El Niño* no sean tan severos. Esto se debe a que la zona está influenciada por el Chorro del Chocó, una masa de aire que transporta humedad desde el Pacífico hacia el oriente. Cuando esta masa de aire se encuentra con la Cordillera Occidental, es obligada a ascender, encontrándose con vientos alisios procedentes del este y generando precipitaciones en ambas vertientes de la cordillera. Aunque la magnitud del Chorro del Chocó disminuye con la llegada de El Niño, los efectos de este en la Cordillera Occidental no son tan marcados como en otras regiones del país (Poveda, 2004).

3.5. Definiciones

Sistemas agroforestales: son métodos que combinan sistemas de producción agropecuaria con distribuciones espaciales específicas de árboles, que tienen como objetivo mejorar las condiciones ambientales, la conservación y mejoramiento del suelo; además de aumentar los niveles de materia orgánica, la fijación de nitrógeno atmosférico, el reciclaje de nutrientes, la modificación del microclima dentro de los cultivos; y optimizar la productividad mediante la producción sostenible (Farfán, 2014). Además de ello, proveer servicios ecosistémicos y sociales. Se considera que un sistema agroforestal debe cumplir las siguientes condiciones (Mendieta L. & Rocha M., 2007):

- Ser un cultivo múltiple
- Tener al menos 2 especies
- Contar con al menos una especie leñosa perenne
- Garantizar interacción entre las especies del sistema

- Que se les realice manejo a por lo menos 2 especies.

Variabilidad climática: “Hace referencia a las variaciones en los valores promedios del clima a escala temporal y espacial, más allá de los eventos individuales del tiempo” (Farfán, 2017).

Se habla de variabilidad climática cuando se analizan las condiciones de la atmósfera durante periodos relativamente cortos y medianos de tiempo. Esta variabilidad es innata del clima y se refiere a las variaciones en el estado medio (como las desviaciones típicas o la ocurrencia de fenómenos extremos, etc.). Se puede atribuir a procesos internos naturales dentro del sistema climático (variabilidad interna), o a variaciones en los forzamientos externos antropogénicos (variabilidad externa). Las siguientes se consideran las escalas temporales de variabilidad climática con mayor importancia en la determinación y modulación de procesos atmosféricos:

- **Estacional:** A esta fase corresponde la fluctuación del clima a escala mensual. La determinación del ciclo anual de los elementos climáticos es una fase fundamental dentro de la variabilidad climática a este nivel.
- **Intraestacional:** Existen evidencias de que dentro de las estaciones se presentan perturbaciones que determinan las condiciones de tiempo durante decenas de días. La mayoría de las veces estas oscilaciones pasan inadvertidas porque su amplitud es pequeña, en comparación con las del ciclo anual. Dentro de las oscilaciones intraestacionales se destaca una señal de tipo ondulatorio, denominada de 30 - 60 días.
- **Interanual:** A esta escala corresponden las variaciones que se presentan en las variables climatológicas de año en año.

Normalmente percibimos que la precipitación de la estación lluviosa en un determinado lugar no siempre es la misma de un año a otro, sino que fluctúa por encima o por debajo de lo normal. Ejemplos típicos de la variabilidad climática interanual corresponden a los fenómenos enmarcados dentro del ciclo El Niño - La Niña - Oscilación del Sur, ENSO y la Oscilación Cuasibienal, la cual corresponde a

una oscilación de largo plazo en la dirección del viento zonal de la baja y media estratosfera ecuatorial, con un período irregular que varía entre 20 y 35 meses; en cada lapso se alternan los vientos de componente Este con los del Oeste.

- **Interdecadal:** En esta escala se manifiestan fluctuaciones del clima a nivel de décadas.

Con la variabilidad interanual, la amplitud de estas oscilaciones es menor (IDEAM, 2014c)

Impacto ambiental: es la alteración del medio ambiente, provocada directa o indirectamente por un proyecto o actividad en un área determinada, también puede definirse como la modificación del ambiente ocasionada por la acción del hombre o de la naturaleza (Salvador et al., 2005).

Granizo: “Es toda precipitación que alcanza el suelo en forma sólida y amorfa, a diferencia de la nieve que es precipitación sólida cristalizada y poco densa. Los granos de hielo que conforman el granizo son difíciles de romper cuando caen al suelo y rebotan en él sin destruirse” (Jaramillo-Robledo, 2005)

Adaptación: “Comprende el ajuste de los sistemas naturales o humanos a los estímulos climáticos actuales o esperados, o a sus efectos, con el fin de moderar perjuicios o explotar oportunidades beneficiosas. En el caso de los eventos hidrometeorológicos la adaptación al cambio climático corresponde a la gestión del riesgo de desastres en la medida en que está encaminada a la reducción de la vulnerabilidad o al mejoramiento de la resiliencia en respuesta a los cambios observados o esperados del clima y su variabilidad” (IDEAM, 2014b)

Viento: “Es el movimiento del aire en la superficie terrestre. Se produce por los gradientes de presión atmosférica originados por diferentes calentamientos en las superficies y por efecto de las fuerzas de fricción, de la gravedad y de coriolis (Fuerza debida a la rotación terrestre)” (Jaramillo-Robledo, 2005).

Cambio Climático: “La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) en su Artículo 1, lo define como ‘un cambio de clima

atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables’. La CMNUCC distingue entre ‘cambio climático’ atribuido a actividades humanas que alteran la composición atmosférica y ‘variabilidad climática’ atribuida a causas naturales”(IDEAM, 2014a).

Estudios científicos han demostrado que las actividades humanas como la producción, extracción, asentamiento y consumo son la causa por la cual el clima está cambiando a un ritmo acelerado, lo cual es una amenaza latente para la sociedad que no está preparada para asumir un cambio tan drástico que conlleva las afectaciones en el clima. Algunos de los fenómenos que se evidencian con el cambio climático son: derretimiento de las masas glaciales, cambios en los ciclos de floración y fructificación de los cultivos, aumento en el nivel del mar, lluvias fuertes, sequias, huracanes, y granizadas. A todo esto se suma que el desarrollo de las grandes industrias con sus procesos de tecnificación aumentaron las emisiones de gases efecto invernadero en la atmosfera. Además de otras manifestaciones como la acidificación de los océanos, la deforestación y el deterioro de la biodiversidad. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM, 2014).

4. Metodología

Para el diseño metodológico se tuvo en cuenta delimitar el municipio de Betania, de manera que la zona de estudio quedó comprendida por las siguientes veredas: Las Ánimas, La Libia, La Irene, La Ladera, La Linda y Los Aguacates. Siendo éstas las más afectadas por los sucesos de vientos fuertes y granizadas.

Las unidades productivas objeto de estudio se clasificaron en rangos de área, comprendidas entre 0,1 y 5 has; de 5 a 15 has y mayor a 15 has. De esta manera se buscó recopilar la información necesaria para plantear diferentes alternativas de mitigación y adaptación a esta problemática. Así pues, se contó con el apoyo de asesores profesionales en el área, además de expertos en la comercialización y transformación del café pergamino seco, como también líderes caficultores de la región.

En este punto se pretendió estructurar los aspectos metodológicos que se aplicaron en el desarrollo del proyecto. De esta manera, para alcanzar los objetivos trazados, se plantearon las siguientes fases:

Primer objetivo específico:

1. Caracterizar los tipos de sistemas de producción de café en el municipio.
 - Revisión bibliográfica sobre el cambio climático y los sistemas de producción de café.
 - Gestión de consentimiento informado para el uso de información relacionada con las unidades productivas.
 - Realizar una encuesta para la caracterización de los sistemas de producción, seleccionando una muestra en las veredas objeto de estudio en el municipio de Betania.
 - Clasificación de las unidades productivas según los rangos definidos (0,1 y 5 has; de 5 a 15 has y mayor a 15 has).
 - Procesamiento de la información para la caracterización de las unidades productivas y la relación con las diferentes variables climáticas expuestas en la monografía.

Segundo objetivo específico:

2. Identificar impactos causados por granizadas y vientos fuertes en la producción de café en la zona.
 - Análisis de la situación inicial soportada en una evaluación previa del tipo de daño ocasionado, de acuerdo con el desarrollo del cultivo en el momento de la ocurrencia del suceso ambiental, a través de la identificación de impactos ambientales adversos con la adaptación de la matriz de LEOPOLD.
 - Consulta de información disponible en la zona con respecto a pluviosidad.
 - Entrevistas semiestructuradas con expertos de entidades cafeteras de la región con el fin de obtener información de las principales afectaciones (Daños físicos por golpe de granizo, aceleración del proceso oxidativo, dificultad en procesos de beneficio y daños mecánicos en general).
 - Gestión de visitas de campo para recolectar información por medio del método de observación con el fin de identificar las problemáticas tales como daños más frecuentes en el cultivo e infraestructura, pérdidas promedio, calidad del café comercializado y el impacto en su economía.
 - Procesamiento de la información para la identificación de los impactos causados por condiciones ambientales extremas (vientos fuertes y granizadas) en diferentes sistemas de producción agrícola.

Tercer objetivo específico:

- 3 Plantear estrategias de manejo agronómico para prevenir, mitigar y adaptar los efectos de las granizadas y vientos fuertes.
 - Análisis de la información obtenida con el acompañamiento de asesoría estadística que permita conocer el impacto.
 - Elaboración de las alternativas de mitigación y adaptación de impactos, basado en la información obtenida.

- Socialización de las alternativas de mitigación que contribuyan a la sostenibilidad cafetera.

5. Resultados

Los sistemas de producción de café estudiados cuentan con un manejo tecnificado priorizando la aplicación de fertilizantes de síntesis química donde el 95% de la muestra analizada exponen su uso.

En cuanto a gestión documental se refiere, el 57% de la muestra maneja más de 3 tipos de registros, dentro de ellos están: floración, labores, recolección y registros económicos.

En cuanto al manejo de plagas y enfermedades, se percibe como el 76% de la muestra realiza algún tipo de aplicación de insecticidas.

Por otro lado, en la muestra analizada se ve que el 62% cuenta con procesadora de pulpa y el material compostado resultante es utilizado por el 52% de la muestra como abono en los cultivos. Así mismo, el 38% de las fincas muestreadas no cuentan con procesadora de pulpa y 29% en el peor de los casos la deposita en fuentes hídricas y finalmente el 19% va a botadero a campo abierto.

Del mismo modo se encontró en la muestra que el 48% no cuenta con tratamiento de aguas mieles que se generan en el procesamiento del café, las cuales terminan en fuentes hídricas de la zona. El 33% de las fincas muestreadas cuentan con SMTA (Sistema Modular de Tratamiento Anaerobio) y en el 19% de las fincas, las aguas generadas en el procesamiento del café terminan en un sumidero o acequia.

5.1. Caracterización de los sistemas de producción

Para la caracterización de los sistemas de producción de café en el municipio de Betania, como objetivo específico de la monografía, se diseñó una encuesta (ver anexo A), con la cual se obtuvo la siguiente información:

Eventos climáticos adversos



Figura 2. *Eventos climáticos adversos.*

Se reporta que el 90% de las fincas han tenido eventos climáticos adversos tales como granizo y/o tormentas. Además, el 10% de la muestra reporta sequías y/o vientos fuertes y ninguno de los encuestados expresó no haber tenido fenómenos climáticos adversos.

Área en cultivo de café

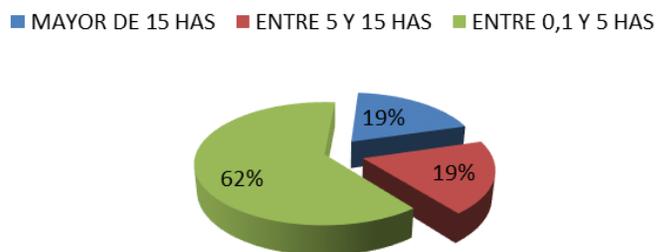


Figura 3. *Área sembrada en café.*

En la figura 3 se observa que el 62 % de las fincas cuentan con un área sembrada en café comprendida entre 0,1 y 5 Hectáreas, un 19% de las fincas con un área sembrada entre 5 y 15 Hectáreas y otro 19% con un área mayor a 15 hectáreas.

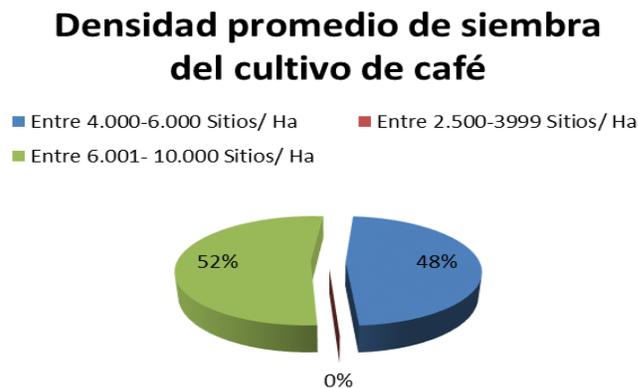


Figura 4. *Densidad promedio de siembra del cultivo de café.*

De la muestra analizada, se encontró que el 52 % de las fincas cuentan con una densidad de siembra del cultivo de café que oscila entre 6.001- 10.000 sitios por hectárea y el 48% cuenta con una densidad del cultivo de café comprendida entre 4.000-6.000 sitios por hectárea. Cabe resaltar que en ninguna de las fincas encuestadas se encontró rangos de siembra comprendidos entre 2.500 a 3.999 sitios por hectárea.

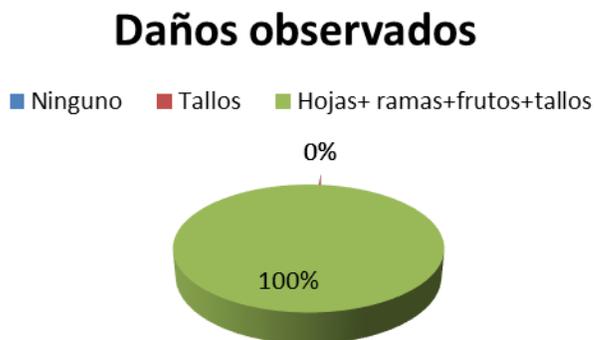


Figura 5. *Daños observados en los cultivos.*

De las 21 fincas encuestadas, se encontró que el 100% de la muestra reporta daños que afectan los cultivos en hojas, ramas, frutos y tallos por efectos relacionados a fuertes vientos y granizadas.

Ninguno de los caficultores encuestados argumentó no haber sido afectado por estos fenómenos climáticos extremos.

Disminución en calidad cosechas

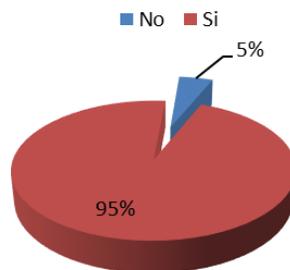


Figura 6. *Disminución en la calidad de la cosecha.*

El 95% de las fincas analizadas reportó que existe una disminución en la calidad de sus cosechas a causa de sucesos ambientales adversos (Vientos fuertes y granizadas) en el cultivo de café y solo el 5% de los encuestados aseguró no haber sufrido un impacto negativo en la calidad de la cosecha.

Estado de conservación de las fincas

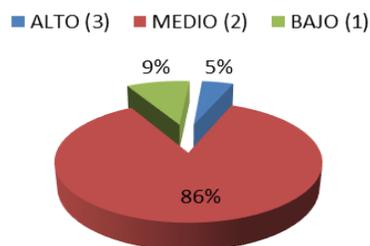


Figura 7. *Estado de conservación de las fincas.*

De las 21 fincas analizadas, se encontró que el 86% de la muestra presenta un estado de conservación medio, el 9% un estado de conservación bajo y solo el 5% presenta un estado de conservación alto. Si bien la mayoría de las fincas (86%) cuenta con un estado de conservación medio, es importante analizar que, en cuanto a biodiversidad vegetal se refiere según la muestra estudiada, tan solo el 9% se encuentra en un estado alto de vegetación. (Ver anexo D).

Estratos del cultivo

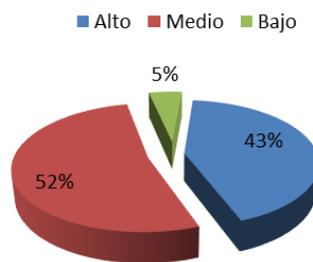


Figura 8. Estratos del cultivo de café.

De las 21 fincas analizadas se puede interpretar que el 52% de las mismas cuentan con un estrato medio de cobertura con especies arbóreas asociadas al cultivo de café; el 43% de la muestra cuenta con una cobertura alta, y tan solo un 5% cuenta con coberturas de especies arbóreas bajas.

Sistema de sombrío

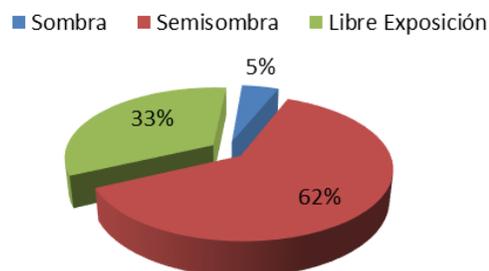


Figura 9. Sistemas de sombrío del cultivo de café.

De las 21 fincas visitadas, se encontró que el 62% de estas cuentan con un sistema de semisombra. Además de ello, el 33% de esta muestra arrojó que el cultivo de café se encuentra a libre exposición y que el 5% de los sistemas de producción de café se encuentran establecidos bajo sombra. Así mismo, se encontró que el 67% de la muestra, cuenta con más de 5 especies arbóreas en sus lotes, un 9% hasta con 3 especies arbóreas y, un 24% con una especie arbórea en el cultivo de café (ver anexo D).



Figura 10. Cultivos alternos en las fincas.

De las 21 fincas analizadas, se encontró que el 48% tiene establecidos sistemas de producción de tipo monocultivo, el 33% con 2 cultivos asociados y el 19% con 3 cultivos asociados en sistema de producción de café.

Relación entre la altura sobre el nivel del mar y los eventos climáticos adversos.

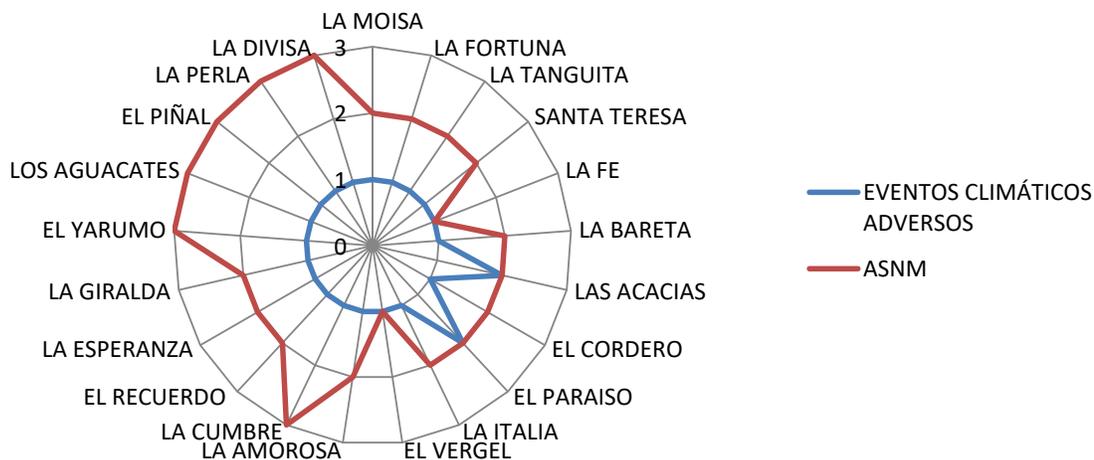


Figura 11. *Relación entre la altura sobre el nivel del mar y los eventos climáticos adversos.*

En la figura 11 se puede apreciar la relación entre las diferentes alturas sobre el nivel del mar en las cuales están ubicadas las fincas de la muestra analizada y la incidencia de eventos climáticos adversos. Si bien se encuentran diferentes altitudes, los eventos climáticos adversos se presentan en la totalidad de las fincas (tormentas y granizadas), exceptuando las fincas El Paraíso y Las Acacias que argumentan haber tenido vientos fuertes y sequías.

Eventos climáticos adversos, frecuencia y aumento en la frecuencia.

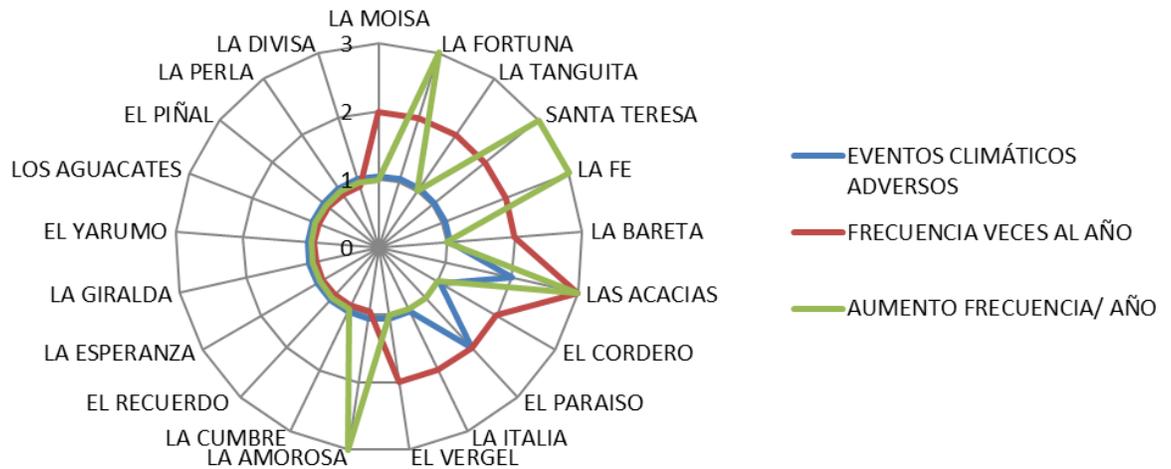


Figura 12. *Relación entre eventos climáticos adversos, frecuencia anual y aumento de la frecuencia.*

En la figura 12 se ve como los eventos climáticos adversos se incrementan en la mayoría de las fincas. Solamente la finca las acacias reporta no verse afectada por los incrementos de los fenómenos ambientales presentados anualmente en la zona de estudio. Además, las fincas Las Acacias y El Paraíso si bien argumentan no haber tenido influencia de granizadas, presentaron vientos fuertes.

Relación eventos climáticos adversos, área de la finca y daños observados.

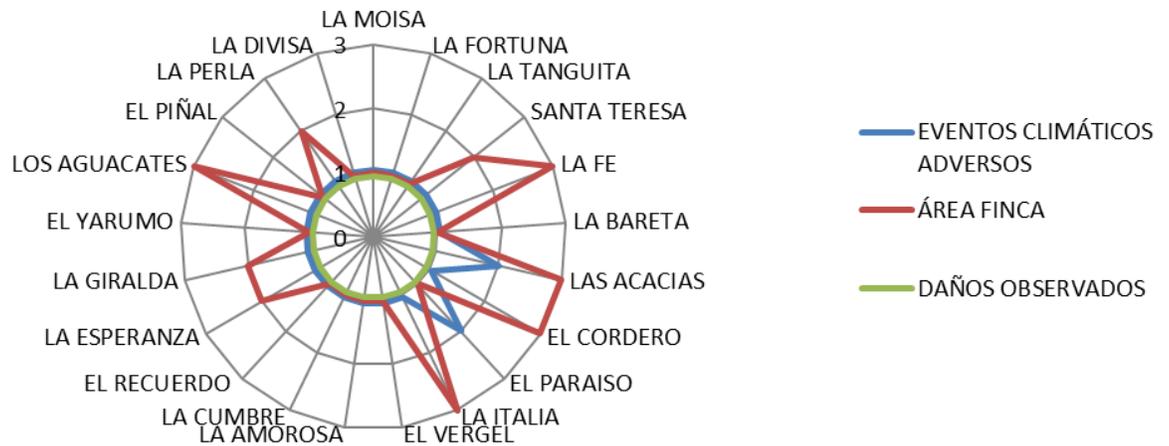


Figura 13. *Relación entre eventos climáticos adversos, área de la finca y daños observados.*

En la figura 13 se aprecia como la totalidad de las fincas muestreadas reportan daños en sus cultivos a causa de efectos climáticos adversos independiente de las áreas cultivadas; en las fincas El Paraíso y Las Acacias se diferencian por haber presentado fenómenos climáticos diferentes (vientos fuertes y sequías) que afectan de una u otra manera el cultivo.

Relación eventos climáticos adversos, daños observados y disminución en la calidad.

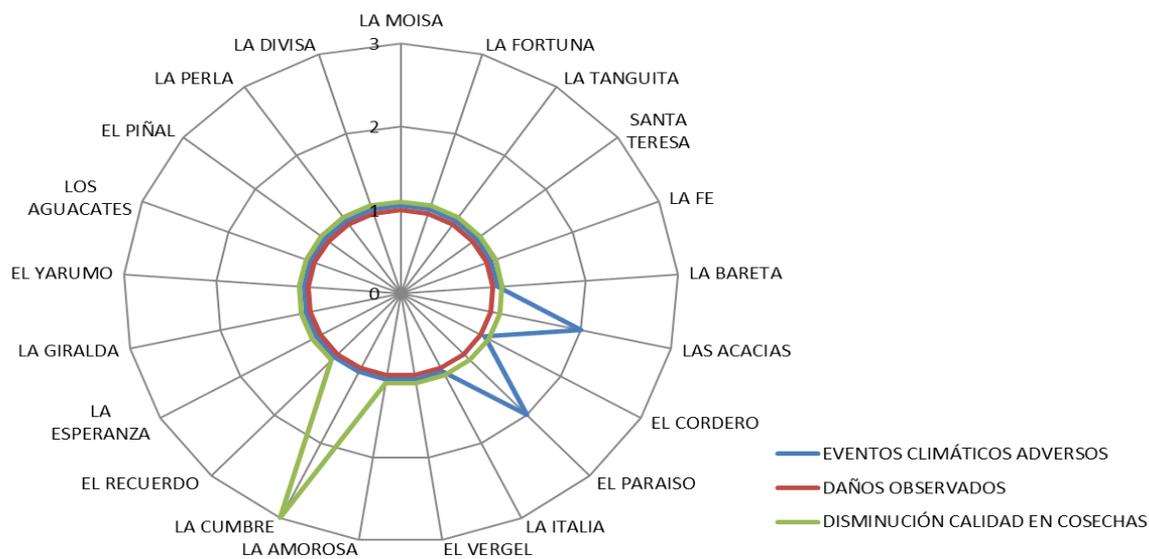


Figura 14. *Relación entre eventos climáticos adversos, daños observados y disminución en la calidad de las cosechas.*

En la figura 14 se observa que todas las fincas reportan daños generados por eventos climáticos adversos (vientos fuertes y granizadas), exceptuando la finca La Cumbre la cual argumentó no tener afectaciones de calidad en su cultivo.

Relación eventos climáticos adversos, estado de conservación y sistemas de sombrero.

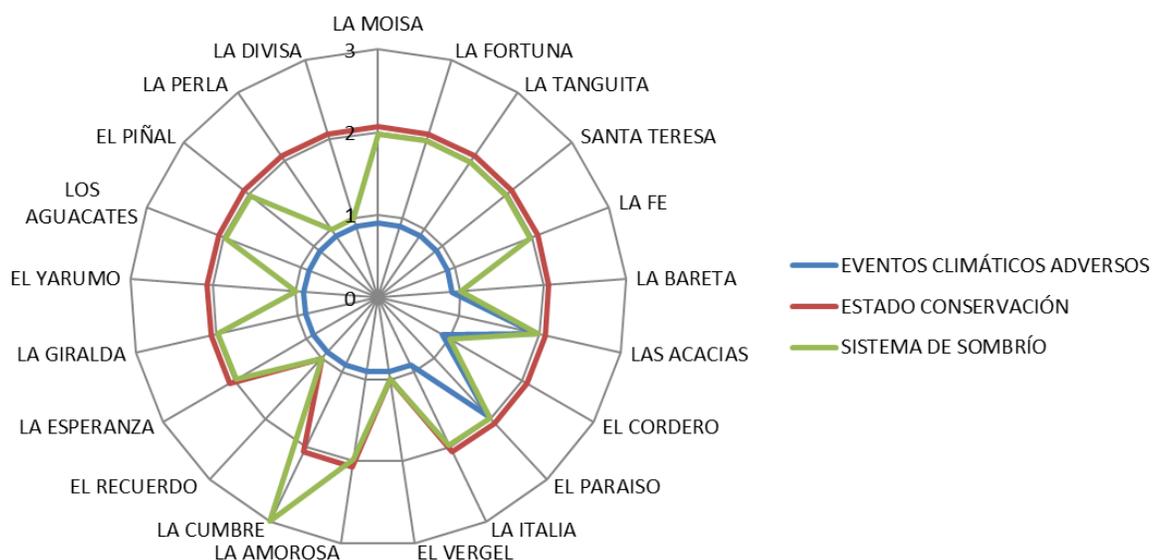


Figura 15. *Relación eventos climáticos adversos, estado de conservación y sistemas de sombrero.*

En la figura 15 se puede evidenciar como en las fincas se presentan fenómenos climáticos adversos exceptuando las fincas Las Acacias y el Paraíso, las cuales reportan menor incidencia en dichos fenómenos; además, se observa que en las fincas predomina un estado de conservación vegetal medio exceptuando Las fincas El Vergel y El Recuerdo; también, se evidencia que en las fincas se implementan sistemas de sombrero, tales como semisombra y se encuentra una parte de la muestra con cultivos de café a libre exposición solar; solo La finca La Cumbre cuenta con sistema de sombrero.

Relación eventos climáticos adversos, procesadora de pulpa, fertilización orgánica y química.

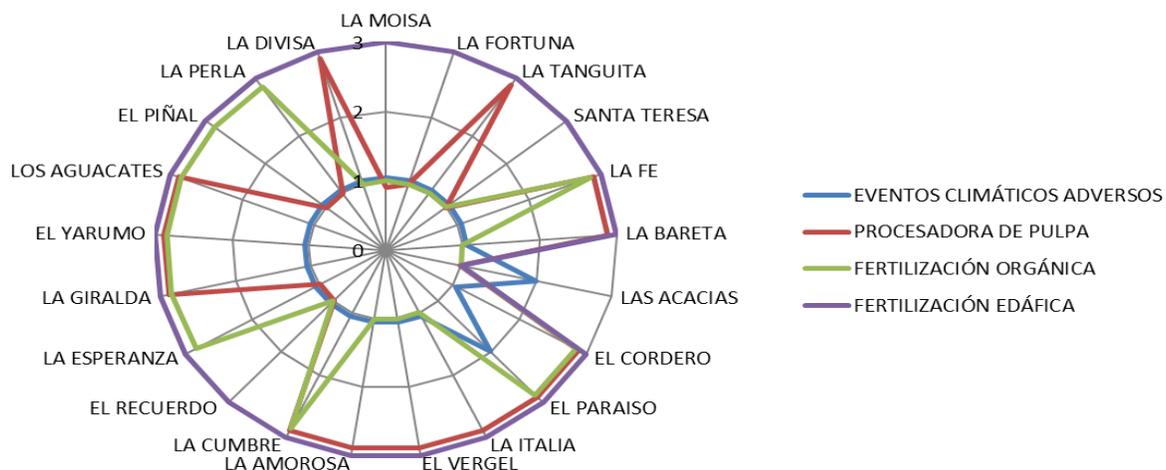


Figura 16. *Relación entre eventos climáticos adversos, procesadora de pulpa y fertilización orgánica y química.*

En la figura 16 se reitera la afectación de la mayoría de las fincas por eventos climáticos adversos exceptuando las fincas Las Acacias y El Paraíso. A pesar de las buenas prácticas agrícolas implementadas en fincas como: La Tanguita, La Divisa, Los Aguacates, El Yarumo, La Giralda, La Cumbre, La Amorosa, El Vergel, La Italia, El Paraíso, El Cordero, La Bareta y La Fe, que además cuentan con procesadora de pulpa y aplicación de fertilización orgánica, argumentan haber tenido afectaciones por el cambio climático. Por otro lado, se aprecia que en la totalidad de las fincas se realiza fertilización edáfica, exceptuando la finca Las Acacias.

Relación daños observados, productividad y disminución en calidad.

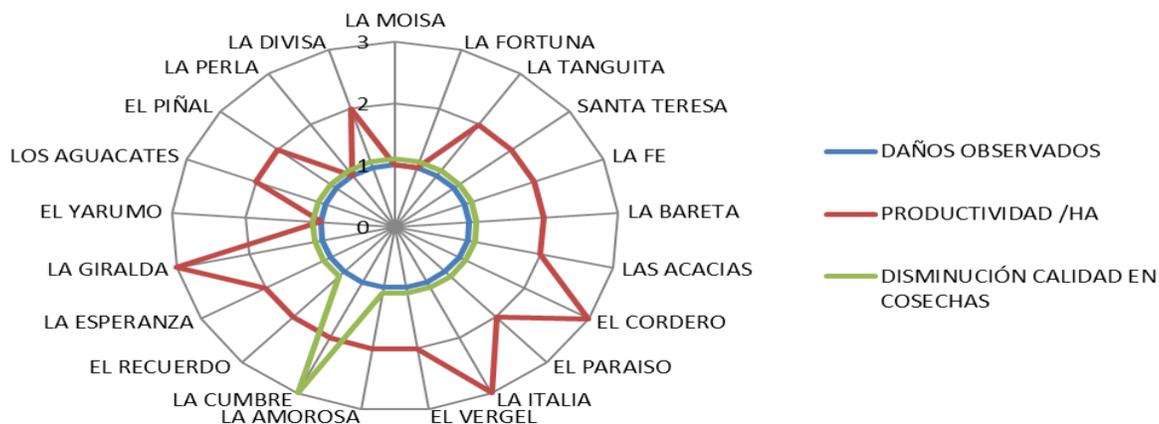


Figura 17. *Relación entre daños observados, productividad y disminución en la calidad.*

En la figura 17 se aprecia la relación entre los daños observados a causa de fenómenos ambientales adversos y la disminución en la calidad de las cosechas exceptuando la finca La Cumbre, que, si bien presenta daños a causa de dichos fenómenos también, argumenta no tener disminución en la calidad de su cosecha. En cuanto a la productividad por hectárea, las fincas El Cordero, La Italia y la Giralda muestran una productividad mayor a 200@/ha y las fincas El Yarumo, La Perla, La Moisa y La Fortuna muestran una productividad inferior a 100 @/ha.

Relación sistemas de sombrío, daños observados y disminución de calidad.

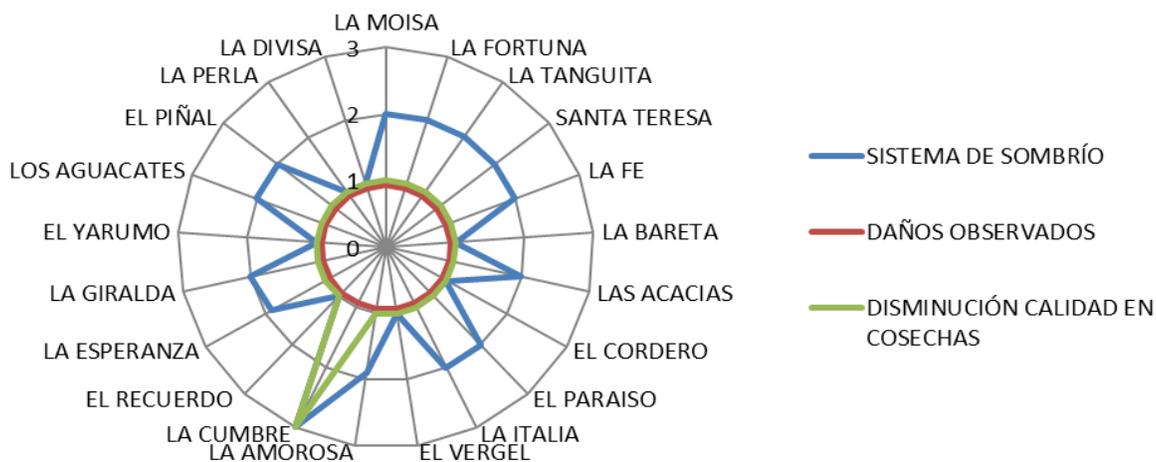


Figura 18. *Relación entre sistemas de sombrío, daños observados y disminución en la calidad.*

En la figura 18 se aprecia una relación directa entre los daños observados y la disminución en la calidad de forma generalizada, provocada por eventos climáticos adversos; solamente la finca La Cumbre argumenta no tener disminución en la calidad de su cosecha. Por otro lado, se encontró que algunos cultivos de café se encuentran a libre exposición solar, siendo estas las fincas La Divisa, La Perla, El Yarumo, El Recuerdo, El Vergel, El Cordero y La Baretta. Las demás fincas cuentan con un sistema de semisombra, a diferencia de la finca La Cumbre, la cual presenta un sistema de sombrío.

Relación conservación del suelo y aplicación de herbicidas.

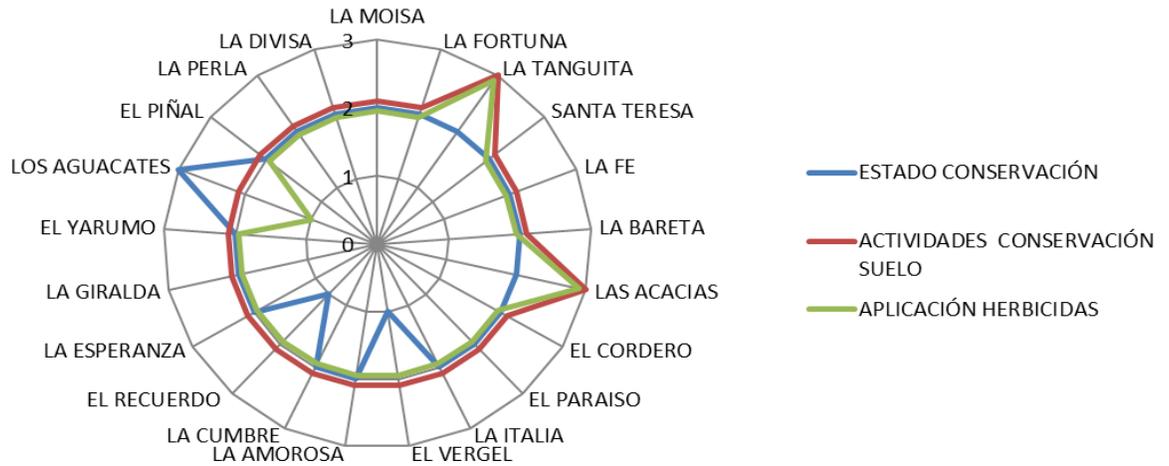


Figura 19. *Relación entre sistemas de sombrero y aplicación de herbicidas.*

En la figura 19 se aprecia aplicación de herbicidas en la mayor parte de la muestra, menos en las fincas Las Acacias y La Tanguita en las cuales no se realiza aplicación de herbicidas. En cuanto a actividades de conservación del suelo las fincas anteriormente mencionadas realizan control mecánico y conservación de arvenses nobles como cobertura del suelo. En el restante número de fincas se encuentra un estado de conservación vegetal medio, exceptuando la finca Los Aguacates que presenta un estado de conservación vegetal alto y las fincas El Vergel y El Recuerdo con un estado de conservación bajo.

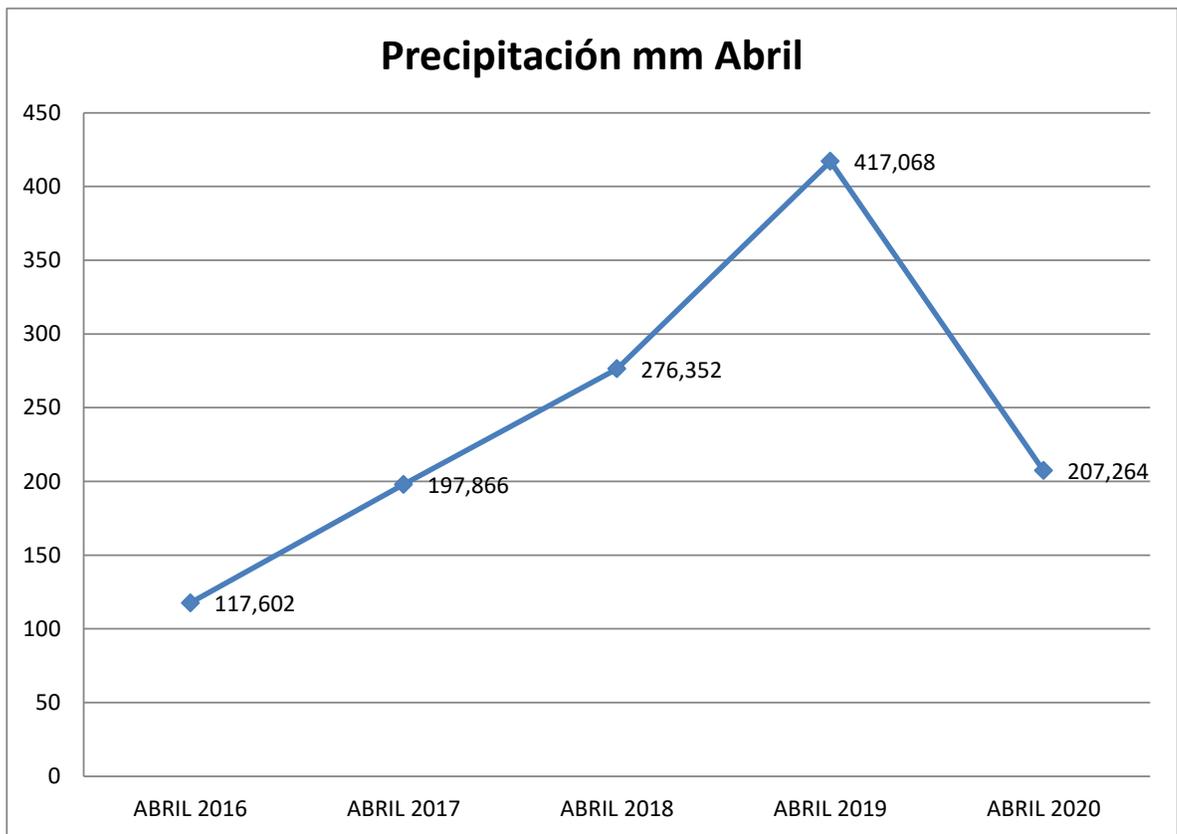


Figura 20. *Precipitación anual en milímetros (mm) mes de abril.*

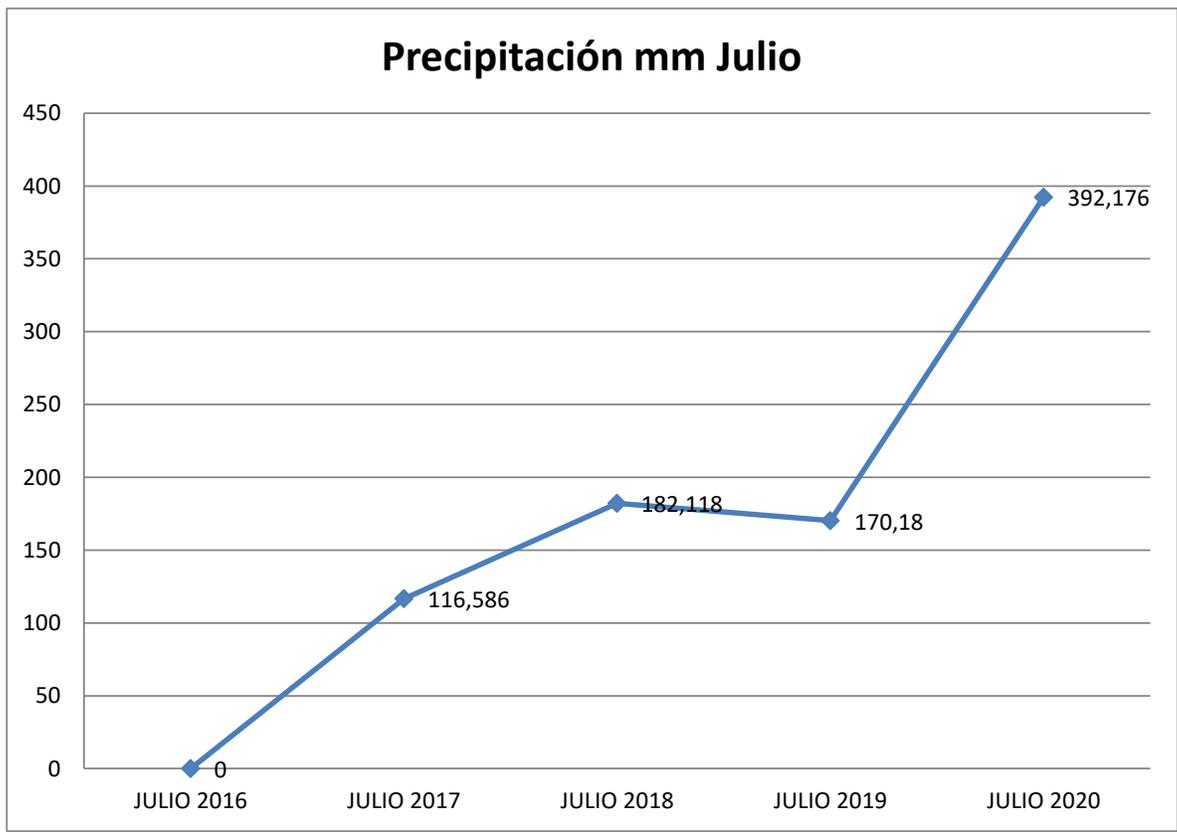


Figura 21. Precipitación anual en milímetros (mm) mes de julio.

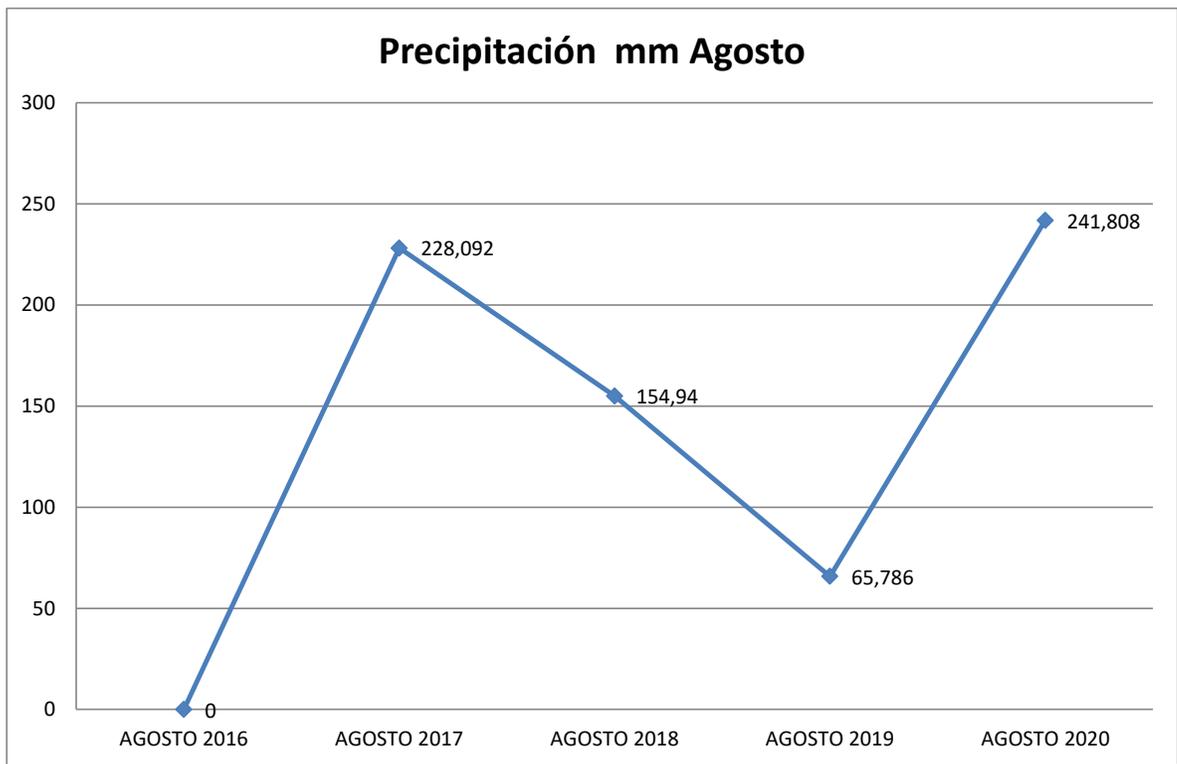


Figura 22. Precipitación anual en milímetros (mm) mes de agosto.

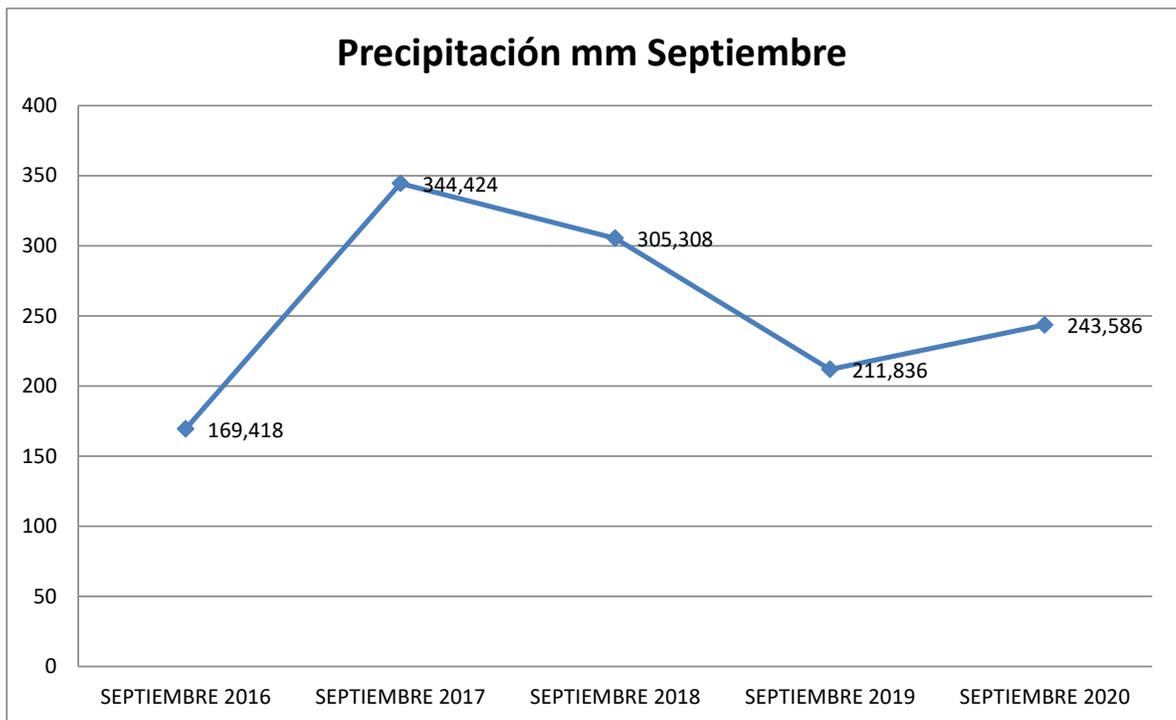


Figura 23. Precipitación anual en milímetros mm (litros por metro cuadrado) mes de septiembre.

En las figuras 20, 21, 22 y 23 se muestra el comportamiento de las precipitaciones anuales ocurridas en los meses de abril, julio, agosto y septiembre en los años comprendidos (2016-2020)

5.2. Análisis posterior a la entrevista a expertos

El objetivo principal de la entrevista consistió en analizar las diferentes apreciaciones de expertos en comercialización, cata de café, manejo agronómico y beneficios (húmedo y seco) del café en el municipio de Betania, zona de estudio del presente trabajo. En cuanto a daños observados se refiere, los expertos coincidieron que los fenómenos ambientales climáticos adversos (vientos fuertes y granizadas), generan daños físicos al cultivo del café y a los frutos. Por ende, repercute de manera negativa en la calidad y la cantidad de la cosecha. Así mismo, el precio del café es castigado en el factor de rendimiento al momento del proceso de evaluación de compra, según el experto en compras, Héctor Iván Restrepo.

Los frutos afectados por el golpe de granizo son de aspecto negro y en general se pierde una o dos almendras; este es un defecto físico del primer grupo de defectos de calidad. Además, a nivel de tasa hay un deterioro en el perfil que genera astringencia (sabor áspero y manchoso), como también, por defecto de vinagre a causa de los granos negros que se pudren por el golpe de granizo, según lo argumenta el agrónomo experto en catación y Q Grader en café, Daniel Restrepo.

5.3. Presentación de los resultados de impactos ambientales. Objetivo 2

5.3.1. Matriz de Leopold

Tabla 1. Identificación de impactos ambientales adversos. Adaptación de la matriz de Leopold.

		Granizadas	Vendavales	Tormentas	Descripción	
Cultivo de café	Monocultivo	---	---	---	Fuertemente afectado	-9
	Cultivo asociado	--	---	---	Fuertemente afectado	-8
	Multidiverso	-	-	-	Afectado	-3
Productividad	Monocultivo	---	---	---	Fuertemente afectado	-9
	Cultivo asociado	--	--	--	Medianamente afectado	-6
	Multidiverso	-	-	-	Afectados	-3
Calidad	Monocultivo	---	---	---	Fuertemente afectado	-9
	Cultivo asociado	---	-	-	Medianamente afectado	-5
	Multidiverso	--	-	-	Afectado	-4
		-20	-18	-18		

Para la identificación de impactos adversos generados en los cultivos de café por el cambio climático, se utilizó una adaptación de la matriz Leopold. De esta matriz se obtuvo la siguiente información:

Se evidenció que el sistema de monocultivo es el de mayor afectación en las tres variables climáticas con respecto a lo que se refiere al cultivo de café, su productividad y su calidad.

Así mismo en la matriz de Leopold, se evidenció que en los cultivos multidiversos la afectación ante las tres variables climáticas disminuyó comparado con el sistema de monocultivo.

Por otro lado, los sistemas multidiversos muestran una afectación mínima en los cultivos de café, su productividad y calidad, ante los tres eventos climáticos planteados (vientos fuertes, tormentas y granizadas)

5.3.2. Resultado matriz Leopold

Si bien los cultivos asociados también presentan daños, estos se pueden considerar de mediana afectación comparado con un sistema de monocultivo el cual se ve fuertemente

afectado, y en el mejor de los casos se evidencia que la menor afectación se presenta en los sistemas multidiversos.

Es evidente que la condición ambiental adversa tipo granizada genera un mayor impacto negativo en el cultivo de café en cuanto a productividad y calidad se refiere, comparado con tormentas y vendavales, los cuales muestran un menor impacto en los sistemas de producción.

Cabe resaltar que, si bien los sistemas multidiversos mostraron afectaciones por fenómenos climáticos adversos, tipo granizadas, vendavales y tormentas, los mismos pueden ser mitigados por las características del sistema que incluye estratos de coberturas arbóreas en los cultivos principales.

5.4. Estrategias de adaptación y mitigación

5.4.1. Monocultivo

Estrategia 1. Implementación de sistemas agroforestales. El café crece con semisombrío producido por plátano, banano, musáceas (*Musa sp*), guamos (*Inga sp*), nogales (*Cordia alliodora*), cedros (*Cedrela sp*) y pisquines (*Albicia carbonaria*) sistema que presenta múltiples ventajas: la planta de café permanece con mayor follaje durante todo el año y en mejor estado sanitario, lo que hace que el árbol al final de un café de mayor tamaño y por ende de mayor peso; siendo igualmente de mayor calidad al momento de venta; a pesar de que el café bajo este sistema tiende a producir un poco menos, de igual manera la extracción de nutrientes es menor y por ende requiere de menor cantidad de fertilización, ya que las hojas de los árboles y las arvenses nobles que cubren el suelo aportan materia orgánica al descomponerse y crean condiciones adecuadas para los microorganismos que ayudan a la planta en la extracción ó solubilización de muchos nutrientes. En épocas de invierno, los arboles ayudan a regular el proceso erosivo que tiene la lluvia y en épocas de verano, mantienen una mejor humedad del suelo; al utilizar plantas como el plátano (*Musa sp*) se mejora la seguridad alimentaria de las familias; ya que este producto se utiliza para el autoconsumo y otra parte para la venta y comercialización, qué

mejora ingresos para la familia, en especial durante el tiempo que el café no está produciendo; los arboles permiten la venta de madera y de igual forma se están podando constantemente para la utilización de la madera como leña en la cocción de los alimentos para las familias y animales domésticos.(Turbay et al., 2014)

Teniendo en cuenta la altitud de las fincas, se define el porcentaje de sombra que soporta el sistema para evitar la afectación en la productividad del cultivo principal (café). Es así como se define un adecuado nivel de cobertura para este sistema productivo en particular, considerando un porcentaje de sombra entre el 35% al 45%.

PORCENTAJE DE SOMBREAMIENTO			
0%	Menor de 35%	Entre 35% y 45%	Mayor de 45 %
Libre exposición solar	Sombrío ralo u heterogéneo	Sombrío óptimo o adecuado	Sombrío denso u homogéneo
NIVEL UNO	NIVEL DOS	NIVEL TRES	NIVEL CUATRO

Figura 24. Porcentaje de sombreamiento.

Nota. Adaptado de *Cafés sostenibles. Plan de manejo de sombras [Figura]*, (p.183) por Arcila P., Farfán V., Moreno B., Salazar G., Hincapié G. 2007. *Sistemas de producción de café en Colombia*.

Se pretende la implementación de especies arbóreas, como guamo santafereño (*Inga edulis*), Nogal cafetero (*Cordia alliodora*), Cedro nativo (*tabebuia chrysantha*), Carbonero (*albizia carbonaria*) y la implementación de frutales, plátano y banano como cultivo alternativo.

Estrategia 2. Aportes nutricionales proporcionados al cultivo principal (café). Se genera esta estrategia con la finalidad de coadyuvar a la conservación del suelo y al acondicionamiento de este, a partir del aporte de hojarasca y biomasa vegetal por las especies arbóreas al suelo, haciendo más eficiente el aprovechamiento de los nutrientes por

las plantas. Además de la implementación de cultivos de pan coger y cultivos de ciclo corto fundamentales para la canasta alimentaria local; tales como maíz, fríjol, cilantro y hortalizas que se adapten a las condiciones del sistema. Cultivos que coinciden con la renovación por siembra, poda o zoqueo del cultivo principal (café). El sistema anteriormente nombrado aporta grandes proporciones de materia orgánica al suelo que servirá como protección de los diferentes procesos erosivos que se presentan en la zona de estudio, donde la topografía se caracteriza por altas pendientes; estas condiciones además de las altas precipitaciones aceleran dichos procesos. Esta estrategia de sistema multidiverso organizado será el modelo de adaptación y mitigación propuesto.

Estrategia 3. Implementación de barreras vivas estratificadas. Esta estrategia consiste en el diseño e implementación de barreras vivas con especies leguminosas y/o nativas en el cultivo principal (café); estratégicamente ubicadas en los lotes, con el fin de fijar nutrientes, mejorar la estructura del suelo y controlar la erosión. Además de las anteriores funciones, esta estrategia se recomienda para disminuir y mitigar la incidencia por el impacto físico del golpe de granizo al cultivo principal (café), que afecta considerablemente la calidad y la cantidad de las cosechas en la zona de estudio.

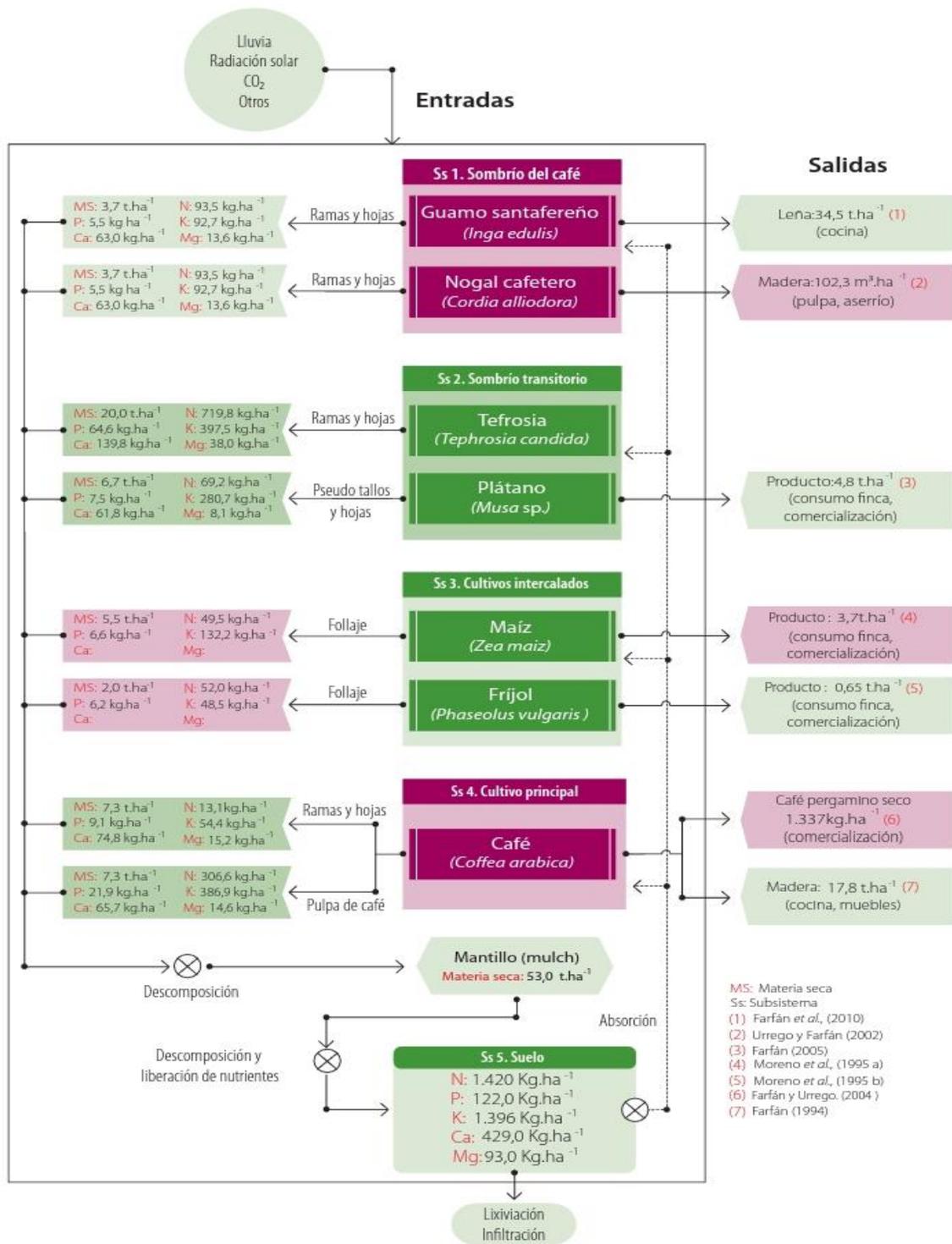


Figura 25. Diagrama de flujo del sistema agroforestal con café, como sistema complejo.

Nota: adaptado de *Agroforestería y sistemas agroforestales con café*. (p.24), por Fernando Farfán, 2014, FNC - Cenicafé.

5.4.2. Cultivo asociado

Estrategia 1. Implementación de sistemas agroforestales

Las ventajas de tener café bajo sombra han sido destacadas por otros investigadores porque este sistema de cultivo sostiene la biodiversidad, mejora la estructura del suelo, protege los cultivos del efecto devastador de los vendavales, atenúa el efecto de las precipitaciones, disminuye la luminosidad, reduce la demanda total evaporativa del suelo y de la evaporación y transpiración del café, reduce el estrés hídrico, proporciona un mayor periodo de granos maduros lo cual facilita la cosecha selectiva y puede mejorar la calidad de la bebida, incrementa las fuentes de ingresos por frutos y maderas, y permite a las comunidades disfrutar de un amplio conjunto de servicios ecosistémicos como la polinización, el control de la erosión y la captura de carbono. (Turbay et al., 2014)

. Esta estrategia depende de una evaluación preliminar e individual de la cobertura proporcionada por el sistema agrícola asociado y teniendo en cuenta la altitud de las fincas, se propone el porcentaje de sombra que soporta el sistema para evitar la afectación de la productividad del cultivo principal (café). Es así como se define el adecuado nivel de cobertura para este sistema productivo en particular, considerando un porcentaje de sombra que oscila entre un 25% a 35%, buscando sostener la productividad de los cultivos del sistema y el óptimo desarrollo de las especies arbóreas del tercer estrato.

Se pretende la implementación de especies arbóreas como guamo santafereño (*Inga edulis*), Nogal cafetero (*Cordia alliodora*), Cedro nativo (*tabebuia chrysantha*), Carbonero (*albizia carbonaria*) y la implementación de plátano y banano como cultivo alterno y o frutales.

Estrategia 2. Arreglos espaciales y geométricos del sistema. Esta estrategia busca obtener un nivel óptimo de sombra; Además una interacción entre los componentes de este.

Se busca la sostenibilidad conservando la productividad de los cultivos que componen el sistema en especial en el cultivo principal (café).

Estrategia 3. Seguridad alimentaria en el cultivo principal (café). Se recomienda la adaptación e implementación de cultivos de pan coger y cultivos de ciclo corto fundamentales para la canasta alimentaria local; tales como maíz, frijol, cilantro y hortalizas que se adapten a las condiciones del sistema. Cultivos que coincidan con la renovación por siembra, poda o zoqueo del cultivo principal (café). Se genera esta estrategia con la finalidad de coadyuvar a la conservación del suelo y al acondicionamiento de este, a partir del aporte de hojarasca y biomasa vegetal aportada por los árboles y las especies implementadas; haciendo más eficiente el aprovechamiento de los nutrientes por las plantas.

5.4.3. Cultivo Multidiverso

Estrategia 1. Evaluación inicial para el arreglo espacial y geométricos del sistema. Con el fin de obtener un nivel óptimo de sombra (35%-45%); además una interacción entre los componentes de este. Se busca la sostenibilidad conservando la productividad de los cultivos que componen el sistema en especial en el cultivo principal (café). Esta estrategia se basa en el diseño de arreglos interespecíficos para establecer funciones de la diversidad del sistema productivo agrícola que permita interacciones positivas (reducción de plagas y enfermedades, reducción de la necesidad de fertilizantes de síntesis químicos, control natural de arvenses); además de estas funciones esta estrategia proporciona métodos de adaptación y mitigación a los efectos de eventualidades climáticas adversas.

Estrategia 2. Implementación de un plan de manejo y mantenimiento de coberturas estratificadas y cultivos asociados al sistema principal de producción de café. De esta manera, se recomienda la regulación e implementación de cultivos alternos (musáceas, pasifloras, solanáceas, leguminosas, cultivos nativos promisorios), entre otros; se genera esta estrategia con la finalidad de coadyuvar a la conservación del suelo y al acondicionamiento de este, a partir del aporte de hojarasca y biomasa vegetal aportada por

los árboles y las especies implementadas; haciendo más eficiente el aprovechamiento de los nutrientes por las plantas.

Estrategia 3. Implementación o adecuación barreras vivas. Esta estrategia consiste en el diseño, organización o implementación de barreras vivas con especies leguminosas y/o nativas en el cultivo principal (café); estratégicamente ubicadas en los lotes, con el fin de fijar nutrientes, mejoramiento de la estructura del suelo y al control de la erosión. Además de las anteriores funciones, esta estrategia se recomienda para disminuir y mitigar la incidencia por el impacto físico del golpe de granizo al cultivo principal (café), que afecta considerablemente la calidad y la cantidad de las cosechas en la zona de estudio.

5.5. Estrategias generalizadas para la adaptación y mitigación de efectos climáticos adversos (granizadas, vientos fuertes y tormentas)

Estrategia 1. Generar alianzas interinstitucionales con las diferentes entidades y gremios relacionados con la actividad agrícola, ambiental y económica de la región; así como también la inclusión de estándares de certificación y verificación por ejemplo Rainforest Alliance, UTZ, Fairtrade y Organic, los cuales manejan criterios con respecto al manejo agrícola en términos de amplias medidas de adaptación potenciales, tales como manejo integrado de plagas, creación de zonas de amortiguamiento (árboles) y prácticas de conservación de agua y suelo (Verburg et al., 2019), con la finalidad de implementar estrategias encaminadas a generar proyectos de adaptación y mitigación a eventos climáticos adversos (granizadas, vientos fuertes y tormentas).

Estrategia 2. Se recomienda la implementación de herramientas tecnológicas (aplicativos móviles) (Cenicafé, 2016), que faciliten la evaluación inicial del sistema de sombrero existente, (porcentaje de cobertura del cultivo asociado); con la finalidad de tener un diagnóstico del estado inicial y con base en ello, encaminar un arreglo espacial de los sistemas existentes; además de la implementación de especies arbóreas nativas, leguminosas y maderables, con la finalidad de incrementar la productividad del cultivo principal.

Estrategia 3. En esta estrategia se recomienda el acompañamiento técnico y el seguimiento a los sistemas de producción implementados, así como también el acompañamiento a los productores en los diferentes procesos.

5.6. Recomendaciones

Tabla 2. Recomendaciones técnicas.

Recomendación	Acción
1. Análisis de suelo y foliar	Realizar un análisis de suelo y foliar, para con los resultados y el estado fisiológico, productivo y reproductivo de los cultivos agrícolas del sistema, realizar un plan nutricional adecuado para incrementar la productividad y la calidad de los productos agrícolas producidos.
2. Establecimiento de sistemas agroforestales	Se recomienda la implementación de sistemas agroforestales y reforestaciones equilibradas, buscando procesos agronómicos de adaptación y mitigación a eventos climáticos adversos (vientos Fuertes y granizadas) que disminuyan la severidad de la afectación al cultivo principal (café) y, por ende, garantizar e incrementar la productividad y la calidad del producto final (café pergamino seco), así mismo la economía y la calidad de vida de las familias caficultoras de la región
3 Manejo integrado de podas	Se recomienda realizar podas sanitarias, formativas, productivas, reproductivas.
4. Manejo integrado de plagas y enfermedades (MIPE)	Realice un manejo integrado de plagas y enfermedades, teniendo como primera alternativa el control cultural, físico y mecánico. Y el control químico como última alternativa con el acompañamiento técnico profesional.
5. Manejo integrado de arvenses	Realice un manejo integrado de arvenses, teniendo como primera alternativa el control físico y mecánico. Y realice control químico como última alternativa con el acompañamiento técnico profesional.
6. Manejo de registros y asientos contables	Se recomienda llevar registros (registros cafeteros, registros de floración, registros contables), y demás registros necesarios para una buena administración ..

6. Discusión

La incidencia de fenómenos ambientales adversos, tales como granizadas, vientos fuertes y vendavales, afectan drásticamente los cultivos de café en la zona de estudio ubicada en el municipio de Betania, además de frutales, musáceas, pasifloras, solanáceas entre otros cultivos afectados por dichos fenómenos. Asimismo, se presentan daños en órganos vegetativos, repercutiendo en calidad y cantidad del producto terminado principal (café pergamino seco), disminuyendo drásticamente la economía local.

Así pues, la frecuencia y la intensidad de eventos climáticos adversos (granizadas y vientos fuertes), impactan de manera negativa la productividad agrícola de la región, repercutiendo en la economía del productor y la calidad de vida del mismo.

Teniendo en cuenta que la variabilidad del clima es un fenómeno difícil de manejar, se percibe incertidumbre entre los productores de café; esta situación se podría remediar con disponibilidad de información sobre periodos críticos del clima y la mejora de transferencia tecnológica (Castillo et al., 2018), además de la implementación de estrategias de adaptación y mitigación.

Según Giovanuchi (2001) define (Café bajo sombra) aquel que se cultiva bajo la bóveda forestal, en el entorno de la selva, y en beneficio para la biodiversidad y las aves. En Colombia, la Federación Nacional de Cafeteros – FNC 1958 indica que las plantaciones de café bajo sombrero intervienen en factores como: competencia entre cafetos y sombrero, mayor o menor cantidad de hojas que sirven como fertilizante, efectos benéficos entre las plantas y la comunidad (Farfán, 2014).

Actualmente de las 920.000 hectáreas cultivadas con café en Colombia, el 33,1% están con una semisombra y el 16,8% bajo sombrero, es decir la caficultura colombiana es una caficultura con una gran tradición agroforestal (Farfán, 2014).

Las estrategias que se pretenden implementar a través de este estudio buscan la aplicación de métodos para la adaptación y mitigación de dichos eventos climáticos adversos (vientos fuertes y granizadas). De esta manera, es como se plantea la estratificación del cultivo principal (café), con la implementación de sistemas agroforestales, sistemas multidiversos y/o cultivos asociados, métodos de conservación del suelo y manejos agronómicos integrados.

7. Conclusiones

Los sistemas de producción de café ubicados en la zona de estudio son altamente vulnerables a efectos de eventualidades climáticas adversas como vientos fuertes y granizadas que además de generar daños físicos en los cultivos, su calidad y su cantidad, también se evidenciaron daños moderados en infraestructura. Lo anteriormente mencionado afecta la economía y por ende la calidad de vida de los caficultores de la región.

La adaptación de los sistemas de producción de café para un futuro inmediato, deben de ser reenfocados toda vez que algunos sistemas productivos se encuentran en zonas marginales que sacrifican la eficiencia productiva de los cultivos y que hace necesario la implementación y estratificación de sistemas agroforestales en el mismo.

Se plantea el diseño de los sistemas de producción de café con sistemas alternos, sistemas agroforestales, con la finalidad de reducir la severidad de los impactos negativos generados a partir de los eventos climáticos adversos.

8. Agradecimientos

En primer lugar, agradecerles a nuestros asesores Sara María Márquez Girón, Roberto Mosquera Ballesteros y Daniel Ochoa, por su incondicional acompañamiento en este proceso formativo. Asimismo, agradecerle altamente a la Universidad de Antioquia porque gracias a su programa de regionalización fue posible llevar a cabo esta especialización.

Agradecerle a la empresa que nos representa, Cooperativa de Caficultores de Andes; a nuestro coordinador, Fernando Alberto Restrepo Jaramillo y demás directivos y compañeros de trabajo por estar activamente y permitir con su tiempo, conocimiento y empeño la consecución del título profesional “Especialistas en café” y más importante aún la adquisición del conocimiento para el servicio de todos en general.

Por último, agradecerle a los caficultores que permitieron y aportaron con su tiempo y conocimiento al óptimo desarrollo del trabajo.

9. Referencias bibliográficas

- Alcaldía de Betania (2012). Decreto 200-12-60, Pub. L. No. 200-12-60, 4 (2012).
https://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co/bitstream/handle/20.500.11762/27475/C_MGRD_Betania.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Altieri, M., & Nicholls, C. (2008). Los impactos del cambio climático sobre las comunidades campesinas y de agricultores tradicionales y sus respuestas adaptativas. *LEISA Revista de Agroecología*, 3.
https://www.researchgate.net/publication/260387270_Los_impactos_del_cambio_climatico_sobre_las_comunidades_campesinas_y_de_agricultores_tradicionales_y_sus_respuestas_adaptativas
- Bindoff, N. L., Stott, P. A., AchutaRao, K. M., Allen, M. R., Gillett, N., Gutzler, D., Hansingo, K., Hegerl, G., Hu, Y., & Jain, S. (2013). *Detection and attribution of climate change: From global to regional*.
- Caballero, M., Lozano, S., & Ortega, B. (2007). Efecto invernadero, calentamiento global y cambio climático: Una perspectiva desde las ciencias de la tierra. *Revista digital universitaria*, 8(10), 1-11.
- Castillo, V. S., Pizo, Y. A., Astudillo, A. G., & Gómez, C. (2018). Cambio climático y café (Coffea arábica) en Acevedo, Huila: Una lectura desde sus cultivadores. *I+ D Revista de investigaciones*, 12(2), 59-69.
- Cenicafé. (2016). Evaluación de herramientas para valorar el porcentaje de sombras en sistemas agroforestales con café. *Avances Tecnicos Cenicafé*.
<https://biblioteca.cenicafe.org/handle/10778/4177>

CMGRD Betania. (2016). *Plan Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres municipio de Betania Antioquia*.

<https://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co/handle/20.500.11762/28370>

Ley 1523, Pub. L. No. 1523 (2012).

Cooperativa de Caficultores de Andes LTDA. (2018). *Granizadas Municipio de Betania*.

Cubasch, U., Wuebbles, D., Chen, D., Facchini, M. C., Frame, D., Mahowald, N., &

Winther, J.-G. (2013). Introduction. In 'Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change'. *K. Plattner, M. Tignor, SK Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex, and PM Midgley (Cambridge, UK, and New York: Cambridge University Press, 2013)*, http://www.climatechange2013.org/images/report/WG1AR5_Chapter01_FINAL.pdf.

Farfán, F. (2014). Agroforestería y sistemas agroforestales con café. *Centro Nacional de Investigaciones de Café-Cenicafé Manizales, Caldas (Colombia)*.

Farfán, F. (2017). *Percepción de los caficultores de los municipios de Salamina (Caldas) Santuario y Balboa (Risaralda) frente a la variabilidad climática (Aumentando la resiliencia a eventos climáticos extremos en el sector cafetero colombiano):*.
Cenicafé.

Federación Nacional de Cafeteros. (2020). *Circunscripción 1*. Comité de Cafeteros de Antioquia. <https://fncantioquia.org/caficultura-de-antioquia/circunscripcion-1/>

Fernández, M. E. (2013). *Efectos del cambio climático en la producción y rendimiento de cultivos por sectores*. IDEAM.

<http://www.ideam.gov.co/documents/21021/21138/Efectos+del+Cambio+Climatico+en+la+agricultura.pdf/3b209fae-f078-4823-afa0-1679224a5e85>

Guzmán, Á. (2015). *Análisis del comportamiento espacio temporal de la precipitación en la región Pacífica Colombiana en presencia de los fenómenos de el Niño y la Niña, en el periodo 1983–2009*. Universidad de Nariño.

Howden, S. M., Soussana, J.-F., Tubiello, F. N., Chhetri, N., Dunlop, M., & Meinke, H.

(2007). Adapting agriculture to climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(50), 19691-19696.

<https://doi.org/10.1073/pnas.0701890104>

IDEAM. (2014a). *Conceptos básicos de Cambio Climático*. Cambio Climático.

<http://www.cambioclimatico.gov.co/otras-iniciativas>

IDEAM. (2014b). *Definición de Adaptación*. Glosario IDEAM.

<http://www.ideam.gov.co/web/atencion-y-participacion-ciudadana/glosario>

IDEAM. (2014c). *Definición de Variabilidad Climática*. Glosario IDEAM.

<http://www.ideam.gov.co/web/atencion-y-participacion-ciudadana/glosario>

IPCC. (2014). *Climate change 2014–Impacts, adaptation and vulnerability: Regional aspects*. Cambridge University Press.

https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WGIIAR5-PartB_FINAL.pdf

Jaramillo-Robledo, A. (2005). Cap. 28. El cambio climático. En *Clima andino y café en*

Colombia. Cenicafé. [http://www.sidalc.net/cgi-](http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=bac.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresio)

[bin/wxis.exe/?IsisScript=bac.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresio](http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=bac.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresio)
[n=mfn=043826](http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=bac.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresio)

- Lau, C., Jarvis, A., & Ramírez Villegas, J. (2013). Agricultura colombiana: Adaptación al cambio climático. *CIAT Políticas en síntesis, 1*.
- Mendieta L., M., & Rocha M., L. R. (2007). *Sistemas agroforestales*. Universidad Nacional Agraria.
- Ocampo, O. (2011). El cambio climático y su impacto en el agro. *Revista de Ingeniería - Universidad de los Andes, 33*, 115-123.
<http://dx.doi.org/10.16924%2Friu.v0i33.184>
- Pabón, J. D. (2003). El cambio climático global y su manifestación en Colombia. *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía, 12*, 111-119.
- Pabón, J. D. (2012). Cambio climático en Colombia: Tendencias en la segunda mitad del siglo XX y escenarios posibles para el siglo XXI. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, 36(139)*, 261-278.
- Peña Beltran, Z. Y. (2015). Análisis de las granizadas en Colombia. *Departamento de Geociencias, 5*.
- Pourrut, P. (1998). El Niño 1982-1983 a la luz de las enseñanzas de los eventos del pasado—Impactos en el Ecuador. *Bulletin de l'Institut français d'études andines 1998, 27(3)*, 501-515.
- Poveda, G. (2004). La hidroclimatología de Colombia: Una síntesis desde la escala inter-decadal hasta la escala diurna. *Rev. Acad. Colomb. Cienc, 28(107)*, 201-222.
- Rahn, E., Vaast, P., Läderach, P., van Asten, P., Jassogne, L., & Ghazoul, J. (2018). Exploring adaptation strategies of coffee production to climate change using a process-based model. *Ecological Modelling, 371*, 76-89.

- Robinson, A. B., Robinson, N. E., & Soon, W. (2013). Efectos ambientales de los incrementos atmosféricos de dióxido de carbono. *Instituto de Ciencia y Medicina de Oregon, 12*.
- Salvador, A. G., Alcaide, A. S., Sánchez, C. C., & Salvador, L. G. (2005). *Evaluación de impacto ambiental*. Pearson Educación.
- Soto, G., Florian, E., Virginio Filho, E. de M., Astorga, C., & CATIE. (2016). *Reduciendo la vulnerabilidad al cambio climático del sector cafetalero en Guatemala*.
- Turbay, S., Nates, B., Jaramillo, F., Vélez, J. J., & Ocampo, O. L. (2014). Adaptación a la variabilidad climática entre los caficultores de las cuencas de los ríos Porce y Chinchiná, Colombia. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, 2014(85)*, 95-112.
- Verburg, R., Rahn, E., Verweij, P., van Kuijk, M., & Ghazoul, J. (2019). An innovation perspective to climate change adaptation in coffee systems. *Environmental Science & Policy, 97*, 16-24.
- Zambrano, E. (1996). El Niño. *Acta Oceanográfica del Pacífico, 8*, 1.
- Zuluaga Tamayo, J. (2007). *El Suroeste huele y sabe a café*. El Mundo.
<https://www.elmundo.com/portal/pagina.general.impresion.php?idx=69211>

Anexos

Anexo A. *Encuesta semiestructurada.*



Universidad de Antioquia

Especialización en Café

Facultad de Ciencias Farmacéuticas y Alimentarias – Facultad de Ciencias Agrarias

ENCUESTA DIRIGIDA A PRODUCTORES DE CAFÉ DEL MUNICIPIO DEL BETANIA

Objetivo: Recopilar información relacionada con los efectos de la variabilidad climática en la producción de café en el municipio de Betania. El área de estudio se enmarca en las siguientes veredas: Las Ánimas, La Libia, La Irene, La Ladera, La Linda y Los Aguacates.

Indicaciones: con el fin de proponer alternativas de adaptación para el manejo de los efectos de la variabilidad climática en fincas de pequeños productores, solicitamos amablemente responder el siguiente cuestionario, el cual tendrá una duración de 30 minutos aproximadamente. Si no conoce alguna de las respuestas o las preguntas no son lo suficientemente claras para usted, por favor hacérselo saber al encuestador. Puede obviar las preguntas que considere pertinentes.

Es menester mencionar que al participar en esta encuesta no recibirá ningún tipo de remuneración, debido a que es de interés académico y hace parte del trabajo de grado de los estudiantes que optarán al título de Especialistas en Café. Sin embargo, sus respuestas son muy valiosas. Por favor responda de la manera más honesta y precisa posible.

De ante mano, muchas gracias por su ayuda.

Firma del encuestado: _____

Entrevistador/a: _____ Fecha: ____/____/____

Datos generales

Nombre completo: _____

Documento identidad: _____

Teléfono: _____

Género:

Femenino: Masculino: Otro:

Edad:

18 – 29 años: 30 – 41 años: Más de 41 años:

Departamento: _____ Municipio: _____ Vereda: _____

Nombre de la finca: _____

Cuestionario

Dimensión sociodemográfica

Latitud: _____ Longitud: _____

Tipo de tenencia:

Propia: Arrendada: Otra: ¿Cuál? _____

Composición familiar:

De 1 a 3: De 4 a 6: >6:

Nivel educativo

Ninguno: Primaria: Secundaria: Educación superior:

Área total de la finca (Has): _____

De 0.1 - 5 Has: De 5 - 15 Has: >15: No responde: sabe/No

Área cultivada en café: _____

Entre 0.1 y 5 Has: Entre 5 y 15 Has: >15: No responde: sabe/No

Número de árboles sembrados de café: _____

Densidad (árboles por Ha): _____

Altitud sobre el nivel del mar: _____

Dimensión tecnológica

Área en conservación: _____ Has

Especies arbóreas en los cultivos de café	Marque con una X todas las especies arbóreas existentes en sus cultivos de café
Guamo	
Nogal Cafetero	
Cedro nativo	
Cañafisto	
Matarratón	
Piñón	
Frutales	
Musáceas	
Maderables	
Plátano/Banano	
Otros	
Cuáles en caso de responder Otros:	

¿Cuenta con otros cultivos en la finca? Sí: _____ No: _____

Cuál(es):

Promedio de empleados: _____

¿Se encuentran asegurados?: Sí: _____ No: _____

Tipo de mano de obra:

Contratada: Familiar: Ambas:

Tipo de sistema de cultivo:

Libre exposición solar: Bajo sombra:

Actividades de conservación:

Terrazas: ____ Barreras vivas: ____ Barreras muertas: ____ Limpia a machete o guadaña: ____

¿Aplica herbicida? Sí: ____ No: ____

¿Cuántas veces al año? ____

Biodiversidad vegetal:

Baja: Media: Alta:

¿El sombrío asociado al cultivo principal cuenta con múltiples estratos?

Bajo: Medio: Alto:

Estructura productiva del cultivo de café e Inventario de especies arbóreas asociadas

Lote	No. Árboles de café	Distancia de siembra (Dep x Des)	Tipo de renovación (Zoca/Siembra) Fecha de renovación	No. árboles sombríos, nativos o maderables /Lote	Descripción
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					

Infraestructura de la(s) finca (s):

Por favor, marque con una X las instancias con las que cuenta su finca.

Casa: Establo: Campamento: Secado Solar: Secado Mecánico:

Por favor, indique el estado en el cual se encuentran las instalaciones.

M (Malo), R (Regular), B (Bueno) y E(Excelente)

Casa: Establo: Campamento: Secado Solar: Secado Mecánico:

¿Qué técnicas de post-cosecha utiliza para asegurar la calidad de su producción?

Técnica	Si	No	Descripción
Despulpa el mismo día de la recolección			
Su despulpadora está funcionando adecuadamente			
¿Cuántas horas fermenta su café?			Horas:
Secado Mecánico			50 °C:
Secado al Sol			
Almacena su café separado de otros productos			
Su café está en contacto directo con el suelo o la pared			
Hace un aseo general de su beneficio cada vez que lava café			
Otro:			

Consumo de agua del beneficio Húmedo.

Tradicional (consumo mayor a 40 litros por kg de CPS) _____

Ecológico (consumo menor a 10 litros por kg de CPS) _____

¿Junta cochadas? Sí: ____ No: ____

2 3 4

¿Qué tipo de registros se llevan en la unidad productiva?

Registros	Si	No
Mapa de la finca		
Floración		
Aplicaciones		

Compra de Insumos		
Labores		
Recolección		
Ventas		
Indicadores Económicos		

Dimensión ambiental

Evento climático	Si	No	Frecuencia por año/ (veces)	Aumento de la frecuencia en últimos años	Si	No
Granizada						
Tormenta						
Sequía						
Vientos fuertes						

Alternativas que usa para mitigar estos eventos	Por favor, marque con una X las alternativas que aplica en su finca.
Manejo nutricional	
Podas y renovación	
Siembra cultivos alternos	
Implementación sistemas Agroforestales	
Buenas prácticas Agrícolas	

Daños Observados en cultivos	Marque con una x
Hojas	
Ramas	
Frutos	
Tallos	

Cultivos afectados: _____

¿Ha visto usted disminuida la calidad de sus cosechas por estos fenómenos?

Si: ____ No: ____

¿Ha recibido acompañamiento técnico en temas relacionados con el cambio climático?

Sí ____ No ____

Temática recibida sobre cambio climático	Marque con una X las capacitaciones que ha recibido sobre el cambio climático
Buenas prácticas Agrícolas (BPA)	

Manejo integrado de residuos sólidos orgánicos, inorgánicos y peligrosos.	
Sistemas de manejo de aguas residuales domésticas e industriales	
Estrategias de mitigación y adaptación al cambio climático.	
Implementación de sistemas agroforestales en asocio con el cultivo de café.	
Manejo de registros (financieros, ambientales, agronómicos) otros.	

Análisis de suelos y Recomendaciones Técnicas

Nombre	Fecha	Acató o no las recomendaciones

Manejo sistema de producción	Si	No	Veces por año	Cantidad
Realiza análisis de suelo con regularidad.				
Pone en práctica las recomendaciones técnicas.			N/A	N/A
Aplica fertilizante edáfico.				
Aplica fertilizante foliar				N/A
Aplica Materia Orgánica				
Usa productos insecticidas				

¿Cuál es la principal fuente de agua que usted utiliza?

Fuente	Consumo	Beneficio de café
Aguas Lluvias		
Nacimientos propios		
Acueducto comunitario		

Manejo de Aguas residuales y pulpa de café

Tratamiento aguas residuales domesticas		Tiene trampa de grasas		Tiene procesadora de pulpa		Uso de la pulpa			Tratamiento aguas mieles						
Si	No	Si	No	Si	No	Abono	Fuente de Agua	Botadero	Alimento	Otro	Sumidero	Acequia	Campo Abierto	SMTA	No Tiene

Cuál es el tratamiento que usted le da a los desechos sólidos

Manejo de Residuos Sólidos											
Residuos Ordinarios						Envases de Pesticida					
Separa Adecuada	Incineración	Quema	Composta	Botadero	Fuente	Empresa Aseo	Reutiliza	Quema	Botadero	Fuente	C. Limpio

Dimensión económica

¿Aproximadamente cuál fue su producción de café pergamino seco en el año 2019?
_____ (Cargas)

¿Está vinculado a una entidad u organización relacionada con la comercialización de café y productos agropecuarios?

Sí _____ No _____ ¿cuál? _____

¿Tiene acceso a crédito? Sí _____ No _____



Universidad de Antioquia
Especialización en Café

Facultad de Ciencias Farmacéuticas y Alimentarias – Facultad de Ciencias Agrarias

ENTREVISTA DIRIGIDA A EXPERTOS

Fecha: ____ / ____ / ____

Nombre del entrevistado: _____

Empresa o Institución: _____

Objetivo: recopilar información relacionada con los efectos de la variabilidad climática en la producción de café en el municipio de Betania. El área de estudio se enmarca en las siguientes veredas: Las Ánimas, La Libia, La Irene, La Ladera, La Linda y Los Aguacates.

PREGUNTAS:

1. Desde su experiencia como experto en el área del café, ¿qué tipo de daños ha identificado a causa del cambio climático (Vientos fuertes y granizadas)? (Frutos, hojas, ramas, tallos).

2. Con qué frecuencia ha identificado la presencia de estos fenómenos en la región (Andes, Ciudad Bolívar, Betania e Hispania)

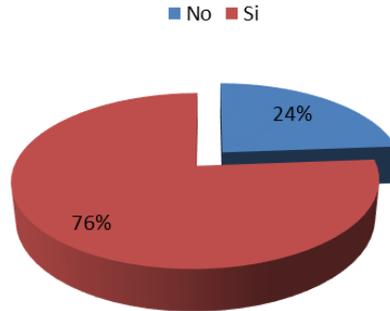
3. ¿Cuáles son los factores negativos que se generan a la hora de comercializar el café, bajo condiciones ambientales (vientos fuertes y granizadas)?

4 ¿cuáles son las estrategias de adaptación y mitigación que propone para contrarrestar los daños provocados en el cultivo del café?

Eventos	Estrategia 1	Estrategia 2	Estrategia 3	Estrategia 4	Estrategia 5
Granizadas					
Tormentas					
Vientos fuertes					
Sequías					
Erosión					

Anexo C. Aumento de la frecuencia por año.

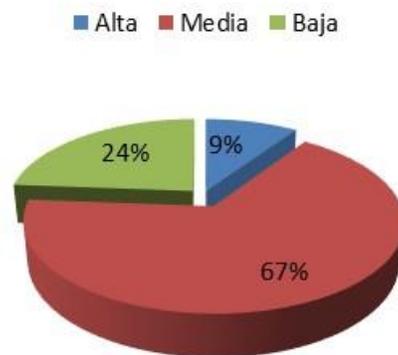
Aumento Frecuencia/ Año



Esta grafica hace referencia al aumento de la frecuencia de los fenómenos climáticos en las zonas afectadas año tras año. Evidentemente, el 76% de los caficultores encuestados afirmaron haber evidenciado un incremento en la frecuencia, mientras que el 24% expresó lo contrario.

Anexo D. Biodiversidad vegetal.

Biodiversidad vegetal



La grafica muestra como la biodiversidad vegetal se encuentra en estado medio en el 67% de las fincas encuestadas. Asimismo, un 24% de la muestra estudiada manifiesta encontrarse en estado bajo y solo el 9% indica un estado alto de biodiversidad vegetal.

Anexo E. Ubicación geográfica fincas visitadas.

FINCA	LATITUD	LONGTUD	ASNM
LA MOISA	5,7356557	-75,9100208	1.350
LA FORTUNA	5,7356557	-75,9100208	1.330
LA TANGUITA	5,73702239	-75,90719839	1.334
SANTA TERESA	5,7356557	-75,9100208	1.350
LA FE	5,75614919	-75,91767099	1.070
LA BARETA	5,716101	-75,933501	1.670
LAS ACACIAS	5,7328	-75,9381	1.324
EL CORDERO	5,7401	-75,9412	1.336
EL PARAISO	5,7227	-75,9154	1.451
LA ITALIA	5,72937	-75,929336	1.500
EL VERGEL	5,7346	-75,9233	1.230
LA AMOROSA	5,722	-75,9362	1.510
LA CUMBRE	5,7221	-75,9366	1.500
EL RECUERDO	5,7275	-75,9177	1.444
LA ESPERANZA	5,7243	-75,9265	1.425
LA GIRALDA	5,7357	-75,9101	1.322
EL YARUMO	5,7204	-75,9643	1.686
LOS AGUACATES	5,7463	-75,9628	1.500
EL PIÑAL	5,7334	-75,9512	1.600
LA PERLA	5,718	-75,9529	1.640
LA DIVISA	5,7181669	-75,9519125	1.600