



**ESTRATEGIAS DE MITIGACIÓN Y ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO
PARA EL SECTOR CAFETERO EN EL MUNICIPIO DE MONTERREY,
CASANARE**

NICOLÁS JIMÉNEZ GARCÍA



**UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
DIVISION DE INGENIERIAS
FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL
BOGOTÁ D.C.
2021-II**



**ESTRATEGIAS DE MITIGACIÓN Y ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO
PARA EL SECTOR CAFETERO EN EL MUNICIPIO DE MONTERREY,
CASANARE**

ORDENAMIENTO AMBIENTAL DEL TERRITORIO

**Documento de Pasantía en la Secretaría de Desarrollo
Económico y Medio Ambiente del Municipio Monterrey-
Casanare, para optar por el título de:**

INGENIERO AMBIENTAL

AUTOR

NICOLÁS JIMÉNEZ GARCÍA

DIRECTOR

ING. JUAN JOSÉ VARGAS OSORIO

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS

DIVISION DE INGENIERIAS

FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL

BOGOTÁ D.C.

2021



Contenido

Pág.

Lista de tablas.....	4
Lista de figuras.....	4
Lista de anexos	5
Resumen.....	6
Abstract	7
1. Introducción	8
2. Objetivos.....	9
Objetivo General.....	9
Objetivos Específicos	9
3. Marco Referencial.....	10
3.1 Cambio Climático	11
3.1.1 Fenómeno de El Niño	11
3.1.2 Fenómeno de La Niña	12
3.2 Sector cafetero en Colombia	13
3.2.1 Sector cafetero en el municipio de Monterrey, Casanare	13
3.3 Proceso productivo del café	15
3.3.1 Proceso productivo del café en Monterrey, Casanare	16
3.4 Formulación de medidas de Adaptación y Mitigación	18
3.5 Gestión ambiental en el sector cafetero en Colombia.	20
3.6 Marco Legal.....	20
4 Desarrollo de la pasantía.....	24
5 Resultados.....	28
5.1 Contexto general de los productores del municipio	28
5.1.1 Recopilación de información en campo	29
5.2 Diagnóstico.....	43
5.2.1 Proyecciones	45
5.3 Evaluación de puntos críticos e impactos ambientales	51
5.4 Evaluación de impactos ambientales	55



5.5 Programas estratégicos para la mitigación y adaptación al cambio climático en el municipio de Monterrey	56
6 Conclusiones	73
7 Recomendaciones.....	75
8 Referencias	76
9 Anexos	81

Lista de tablas

Tabla 1 Marco Legal.....	21
Tabla 2 Resultados de las encuestas	29
Tabla 3 Cantidad de residuos en proceso productivo del café.....	44
Tabla 4 Criterios de evaluación para fuerza relativa de un olor	53
Tabla 5 Criterios de evaluación para erosión.....	53
Tabla 6 Criterios de evaluación para categorías de impacto ambiental	54
Tabla 9 Programas de manejo ambiental por impacto.....	56
Tabla 11 Ficha 1. Manejo de residuos sólidos.....	57
Tabla 12 Ficha 1. Manejo en cambios de las precipitaciones, sequías	59
Tabla 13 Ficha 2. Manejo de vertimientos	61
Tabla 14 Ficha 3. Uso del agua.....	63
Tabla 15 Ficha 1. Manejo de gases tóxicos.....	65
Tabla 16 Ficha 1. Salud pública	66
Tabla 17 Ficha 1. Manejo de acidez.....	67
Tabla 18 Ficha 2. Control y prevención de la erosión	70

Lista de figuras

Figura 1 Mapa de ubicación del municipio de Monterrey, Casanare - Colombia	10
Figura 2 Proceso productivo del café en Monterrey, Casanare – Colombia	16
Figura 3 Diagrama Metodológico.	27
Figura 4 División Política de las Veredas del Municipio de Monterrey Casanare (2021) .	28
Figura 5 Tipos de variedad de café presentes en Monterrey, Casanare.....	29
Figura 6 Variedad de cultivos presentes dentro de las fincas cafeteras en Monterrey, Casanare.	30
Figura 7 Homogeneidad en los cultivos de café de Monterrey, Casanare	30
Figura 8 Percepción de los productores frente a los cambios de temperatura en la región	32
Figura 9 Percepción de los productores frente a los cambios de vientos en la región	32
Figura 10 Percepción de los productores frente a los cambios de precipitación en la región	33
Figura 11 Influencia del cambio climático en la producción de café en Monterrey, Casanare	34



Figura 12 Control de plagas utilizados en Monterrey, Casanare	36
Figura 13 Fertilizantes utilizados en Monterrey, Casanare	36
Figura 14 Percepción de los productores frente a la presencia de deslizamientos en Monterrey, Casanare	38
Figura 15 Percepción de los productores frente al aborto floral en los cultivos de café en Monterrey, Casanare	39
Figura 16 Estado de las parcelas de café en las fincas cafeteras de Monterrey, Casanare	40
Figura 17 Manejo de los residuos sólidos orgánicos resultantes de los procesos de producción de café en Monterrey, Casanare	41
Figura 18 Manejo de los vertimientos resultantes de los procesos de producción del café en Monterrey, Casanare	42
Figura 19 Retrospección Precipitación 2010-2020	46
Figura 20 Retrospección Temperatura 2010-2020	46
Figura 21 Proyección de las Precipitaciones 2022-2030	48
Figura 22 Proyección de la Temperatura 2020-2030.....	48
Figura 23 Mapa temperatura 2022-2030	50
Figura 24 Mapa precipitación 2020-2030	50

Lista de anexos

➤ Anexo A Encuesta realizada a los caficultores del municipio	81
➤ Anexo B Matriz de impactos ambientales	83



Resumen

Las condiciones climáticas determinan en gran medida los procedimientos a seguir para obtener cultivos de café de buena calidad en determinadas regiones. Colombia es un país reconocido internacionalmente por su auténtico café, en donde principalmente destaca el Eje Cafetero en la producción de este producto. El municipio de Monterrey, se encuentra ubicado en la región llanera del país, región que ha acrecentado su producción de café año tras año, en esta región es común presenciar que la actividad cafetera se desarrolle en predios con extensiones promedio de dos hectáreas, que en su mayoría se encuentran en áreas montañosas entre la cordillera oriental de los Andes y el piedemonte llanero, donde los cultivos destacan entre un relieve escarpado y cuenta con características climáticas muy particulares para lo que tradicionalmente requieren los cultivos de café.

En el presente trabajo se dio a conocer la problemática que está presentando el sector cafetero. Debido a la influencia del cambio climático, se están alterando distintas variables que pueden afectar la calidad y producción de los cultivos de café. Con la elaboración del presente proyecto se formularon y propusieron medidas de mitigación y adaptación al cambio climático para el sector cafetero, articuladas en programas de manejo ambiental que como herramienta estratégica sirvan para ser aplicadas en las fincas productoras del municipio, y que a mediano y largo plazo permitirán que los habitantes del municipio mantengan un equilibrio productivo que asegure su bienestar social y económico, pero que a su vez incluyan en la región mejoras a los procesos de producción para hacerlos más modernos y adecuados buscando que generen cultivos sostenibles a través de prácticas menos contaminantes, que articuladas con políticas públicas del municipio mejoren la calidad de vida de las personas y los ecosistemas de la región.

Si bien se encontró que los productores de Monterrey afrontan diversas dificultades para llevar a cabo su actividad productiva como lo son la falta de insumos, métodos y herramientas de trabajo adecuadas, la falta de vías e infraestructura para distribuir las cargas de café, junto a la dinámica más agresiva del mercado dificultan la implementación de políticas ambientales en el sector. Se propusieron conforme al diagnóstico de estado ambiental y climático realizado, programas de manejo ambiental que puntualmente se dirigen a mitigar y generar adaptación en el sector cafetero ante las malas prácticas productivas y los impactos ambientales generados por ellas, como lo son el manejo y uso del suelo para evitar la erosión, el uso del agua y manejo de vertimientos, el manejo de gases tóxicos derivados de agroquímicos, el manejo de residuos sólidos, las posibles afectaciones a la salud ambiental, y medidas más concretas formuladas para casos puntuales que se presentan en el municipio y contribuyen a generar soluciones ante las problemáticas que afrontan los cafeteros buscando siempre que tengan que asumir un bajo costo.

Palabras clave: Sector cafetero, cambio climático, mitigación, adaptación, política pública ambiental.



Abstract

The climatic conditions determine to a great extent the procedures to be followed in order to obtain good quality coffee crops in certain regions. Colombia is a country that is internationally recognized for its authentic coffee, where the coffee growing region stands out in the production of this product. The municipality of Monterrey is located in the plains region of the country, a region that has increased its coffee production year after year. In this region it is common to see that the coffee activity is developed in properties with average extensions of two hectares, which in their majority are located in mountainous areas between the eastern mountain range of the Andes and the piedmont of the plains, where the crops stand out among a rugged relief and have very particular climatic characteristics for what is traditionally required for coffee crops.

In the present work the problematic that the coffee sector is presenting was made known, since due to the influence of climate change different variables that can affect the quality and production of coffee crops are being altered. With the development of this project mitigation and adaptation measures to climate change were formulated and proposed for the coffee sector, articulated in environmental management programs that as a strategic tool serve to be applied in the producing farms of the municipality, and that in the medium and long term will allow the inhabitants of the municipality to maintain a productive balance that ensures their social and economic wellbeing, but that at the same time include improvements to the production processes in the region to make them more modern and adequate, seeking to generate sustainable crops through less polluting practices, which articulated with public policies of the municipality will improve the quality of life of the people and the ecosystems of the region.

While it was found that the producers of Monterrey face several difficulties to carry out their productive activity such as the lack of inputs, methods and adequate work tools, the lack of roads and infrastructure to distribute the coffee loads, together with the more aggressive dynamics of the market, hinder the implementation of environmental policies in the sector. In accordance with the environmental and climatic diagnosis carried out, environmental management programs were proposed that are aimed at mitigating and generating adaptation in the coffee sector in the face of poor production practices and the environmental impacts generated by them, such as the management and use of soil to avoid erosion, the use of water and the management of spills, The management of toxic gases derived from agrochemicals, the management of solid waste, the possible effects on environmental health, and more concrete measures formulated for specific cases that occur in the municipality and contribute to generating solutions to the problems faced by coffee growers, always seeking to ensure that they have to assume a low cost.

Key words: Coffee sector, climate change, mitigation, adaptation, environmental public policy.



1. Introducción

El cambio climático, es la variación global del clima, este es producido por causas naturales y antrópicas, siendo estas últimas las más significativas. “Generalmente el cambio climático es atribuido a la concentración en la atmósfera de los Gases de Efecto Invernadero, estos gases están presentes naturalmente, pero se pueden generar por causas antrópicas” (Isaza y Cornejo, 2004). Por efecto del cambio climático, varias regiones de Colombia se han visto afectadas y vulneradas por la pérdida en un gran porcentaje de sus cultivos, por esto mismo es necesario investigar y crear estrategias para la siembra del café teniendo en cuenta el cambio climático (Sierra et al., 2017).

Según la Guía Ambiental para el Sector Cafetero de la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia (Bernhardt, 2016), La altitud apropiada para el cultivo del café al sol está entre 1.000 a 1.700 m.s.n.m., además los rangos térmicos favorables corresponden a una media anual entre 19 y 21,5 °C, con oscilación diaria entre 10 y 13°C, mínima media entre 15 y 17°C y máxima media entre 25 y 28°C. Con respecto a la precipitación se considera como zona óptima aquella que presente de 1.800 a 2.800 mm anuales y que ningún mes del año tenga menos de 100 mm. (Bernhardt, 2016).

El municipio de Monterrey, Casanare según datos de la alcaldía tiene una altitud de 481 m. s. n. m. en su zona urbana, y los predios en donde se cultiva café se encuentran en altitudes desde los 600 hasta los 1800 m.s.n.m en su zona rural, es bastante el rango de altitud debido a que estos se encuentran en el piedemonte llanero, sobre la cordillera oriental de los Andes. El municipio de Monterrey también cuenta generalmente con una temperatura media de 27°C durante el día, lo que lo posiciona como piso térmico cálido o macrotérmico en su gran mayoría de extensión, con un poco de terreno posicionado como piso térmico templado en su zona montañosa (IDEAM, s/f). Se presentan las temperaturas más altas en el mes de febrero y las más bajas en Julio. Según el IDEAM tiene una precipitación media anual de 2107 mm al año, la cual es mayor durante el mes de mayo. Según el último Censo Nacional Agropecuario, realizado en Colombia en el año 2014, se demostró que las nuevas plantaciones de café colombiano, se cultivan en el piedemonte llanero y en algunas zonas del sur del Caquetá (Vargas y Gaitán, 2016).

En este trabajo se identificaron las consecuencias que genera el cambio climático sobre los cultivos de café y la capacidad de respuesta que tiene el sector cafetero en el piedemonte llanero, para poder generar estrategias sostenibles de mitigación y adaptación que permitan afrontar las nuevas transformaciones climáticas. Con apoyo en la exhaustiva revisión bibliográfica, global, nacional, regional y departamental que se realizará, además de la información obtenida en las visitas al municipio y las encuestas a la comunidad productora de café, con el fin de obtener un documento en donde se evidencien estas estrategias que logren guiar e informar y a su vez servir de apoyo en la toma de decisiones para conseguir un cambio positivo en el sector cafetero en el piedemonte llanero colombiano.



2. Objetivos

Objetivo General

Formular estrategias de mitigación y adaptación al cambio climático para el sector cafetero en el municipio de Monterrey, Casanare.

Objetivos Específicos

- Identificar las variables y consecuencias que alteran la óptima producción de café debido al efecto del cambio climático sobre los cultivos de cafeto en el municipio.
- Analizar la capacidad de respuesta que tiene el sector cafetero frente al cambio climático
- Diseñar estrategias de adaptación y mitigación al cambio climático para el sector cafetero en el municipio de Monterrey, Casanare.



algodón, sorgo y maíz” (Isaza & Cornejo, 2004). Cabe resaltar que el municipio no cuenta con vías fluviales, pues el río Túa a pesar de ser el recurso hídrico más importante, su caudal no permite la navegabilidad como ruta fluvial (Alcaldía Municipal de Monterrey, 2017).

3.1 Cambio Climático

Generalmente el cambio climático es atribuido a la concentración atmosférica de los Gases de Efecto Invernadero, estos gases están presentes naturalmente, pero se pueden generar por causas antrópicas, como es el caso de los GEI (Gases de Efecto Invernadero) que poseen relación con acciones realizadas por el hombre, enlistados en el Protocolo de Kioto, “en la lista están presentes 6 gases, aunque existen otros gases, es sobre estos 6 que se establece un compromiso internacional de regulación de emisiones” (Benavides & León, 2007).

Entre estos gases, se encuentra principalmente el Dióxido de Carbono (CO_2), el cual es un gas bastante abundante en la atmósfera, pero también es el gas más producido por las actividades humanas, este gas es emitido como producto de la combustión incompleta de combustibles fósiles, contados procesos industriales, cambios en el manejo de usos del suelo y deforestación. Seguido de este, está el Metano (CH_4), el Óxido Nitroso (N_2O), los Hidrofluorocarbonos HFC, los Perfluorocarbonos (PFC), el Hexafluoro de Azufre (SF_6) (GTZ, 2008).

3.1.1 Fenómeno de El Niño

Es un fenómeno climático producido por el calentamiento del océano Pacífico ecuatorial, lo cual lleva a presentar una disminución en la cantidad y frecuencia de la precipitación, este periodo dura entre los 7 meses y los dos años. Según autores como (Ramírez et al., 2014) “Los efectos con mayor incidencia sobre la zona cafetera de Colombia son: la reducción de lluvias totales anuales, el incremento de la cantidad de radiación UV que llega a la tierra por ende el incremento de horas de brillo solar, el incremento de la temperatura media en el aire y el incremento de la amplitud térmica, la disminución del número de días en los que se presentan precipitaciones”, lo cual genera reducción en la humedad del suelo, en especial en áreas como el piedemonte llanero la cual naturalmente no posee las condiciones de altitud y clima más apropiadas para el cultivo de café tradicional de alta calidad .

El fenómeno del Niño puede también traer consigo beneficios en algunas zonas geográficas, por ejemplo, en zonas donde los suelos presentan una amplia concentración de agua el fenómeno de El Niño favorece la floración. “De igual manera el incremento de la temperatura media del aire por encima de los 26°C afecta la actividad fotosintética de la planta del Café y promueve el desarrollo de la Broca”.

Si llegara a existir un incremento en la temperatura, el panorama para los cafetos no es el mejor, porque las altas temperaturas podrían incrementar la descomposición y mineralización de la materia orgánica del suelo, reduciendo el



contenido de carbono orgánico y también estos cultivos absorberían menor cantidad de nutrientes y por ende habría una disminución en la calidad y producción del café porque aumenta el requerimiento hídrico de la planta para suplir las necesidades fisiológicas y así mismo disminuye el caudal de las fuentes hídricas superficiales, también aumentan las plagas debido a que algunas de estas se benefician de estas condiciones aumentando su tasa de reproducción en climas más cálidos, aumenta la probabilidad de aborto floral y daño en los cultivos, lo que resultaría con una menor calidad en el grano de café e implicaría el tener que trasladar los cultivos a zonas con mayores altitudes para llegar a condiciones climáticas más óptimas para su crecimiento y adecuado desarrollo y no afectar las propiedades organolépticas del café. Las enfermedades que más atacan los cultivos de Café durante la aparición del Fenómeno de El Niño son: Crespera, Mancha de Hierro o Chasparria, Nematodos, La Broca, Minador de las hojas del Café, Arañita roja del Café (Ramírez et al., 2014)

Otros autores afirman que la alteración climática observada durante el fenómeno de El Niño ocurre principalmente en los altiplanos y áreas montañosas con elevaciones superiores a 2500 m.s.n.m se desarrolla el fenómeno de heladas en las horas de la madrugada (Montealegre Bocanegra, 2014).

3.1.2 Fenómeno de La Niña

Es un fenómeno de variabilidad climática que se da por la interacción entre la atmósfera y el océano; este genera un gran aumento en las lluvias y un descenso de las temperaturas, tanto en las regiones Andina, Caribe y Pacífica, como en zonas correspondientes al piedemonte llanero, mientras que, en la zona oriental, Orinoquia y Amazonia dichas variables tienden a un comportamiento cercano a lo normal, en donde no se puede determinar patrón climatológico ante la presencia de un evento frío (Euscategui y Hurtado, 2011).

En el caso de la región de Casanare autores como (Jaramillo y Arcila, 2009) afirman que durante los eventos de La Niña en la zona cafetera colombiana se presenta un incremento de las lluvias, estas pueden oscilar entre el 5% y el 58%, existe una disminución en el brillo solar y en las temperaturas

Además (Sierra et al., 2017) afirma que este fenómeno natural puede ser causante de degradaciones graves en los cultivos por favorecer la aparición de plagas y depredadores naturales; “Uno de los efectos del fenómeno de La Niña con respecto a los cultivos de café es la humedad del suelo, donde se presentan variaciones en el aumento de la precipitación, el suelo mantiene su mayor nivel de retención”. También se presentan efectos en el crecimiento de la planta de café, y por la humedad del suelo, siendo estas condiciones desfavorables para el desarrollo de la planta por: deficiencia nutricional, crecimiento débil de la parte aérea de la planta, defoliación, secamiento de ramas, baja producción y calidad de los frutos, hasta llegar a la muerte de la planta que en un sembrado de muchas hectáreas tendría gran impacto. Las plagas y enfermedades que afectan a los cafetos con el fenómeno de La Niña son el desarrollo del Mal Rosado y La Roya del Café al igual que el ataque de babosas.



3.2 Sector cafetero en Colombia

En Colombia, el café hasta hace aproximadamente 20 años era la principal agroindustria de exportación y hoy en día es un producto fundamental a nivel económico al ser el país el segundo productor de café de la variedad arábica a nivel mundial, después de Brasil. (Rojas,2012) “En Colombia actualmente se cultivan en mayor medida cafés de tipo arábigos que se caracterizan por producir una bebida suave, caracterizada por un toque de acidez y aroma pronunciados y amargo moderado. Otro tipo de variedades de café que se siembran en Colombia son: Típica, Borbón, Maragogipe, Tabí, Caturra y la Variedad Castillo” (Cenicafé, 2017).

Según la FNC, autoridad del sector en Colombia, con la siembra de café arábica se puede mantener la calidad del café colombiano a nivel de producción y economía. Las variedades que se siembran en el país tienen un tipo de grano y calidad de bebida similares, y se dividen en variedades de porte alto y de porte bajo. Con respecto a las calidades de las plantas sembradas en el municipio de Monterrey se encontró que “las diferentes variedades de café cultivadas por los productores, entre ellas, Colombia y Castillo variedad regional, han sustituido progresivamente a las variedades Caturra, Típica y Borbón por su susceptibilidad a roya; así mismo, el uso de diferentes densidades de siembra por debajo de las recomendadas por la FNC” (Lagos Burbano, et al., 2020).

Según el DANE para diciembre del 2020 existían en Colombia 565 mil familias cafeteras, de las cuales menos del 0,01% se encuentran en el departamento de Casanare. Siendo los departamentos colombianos con mayor predominancia Quindío, Risaralda y Caldas, además de Huila, Valle del Cauca, Tolima, y Boyacá. Departamentos como Magdalena, Bolívar y La Guajira tienen una productividad mayor que Casanare (Lozano & Yoshida, 2021). Por lo tanto, se estima que en el municipio existen aproximadamente 70 productores de café con extensiones que, al no superar las 2 hectáreas por finca, convierten a la caficultura regiomontuna en una actividad practicada principalmente por pequeños grupos familiares.

3.2.1 Condiciones del Sector Cafetero en el municipio de Monterrey, Casanare

Los cultivos de café del municipio de Monterrey se encuentran ubicados en su gran mayoría en la zona noroccidental del municipio, pues esta es la zona en donde se encuentra el piedemonte llanero regiomontuno y se dan las condiciones adecuadas para la producción de café. En esta zona rural se pueden encontrar los predios de las fincas cafeteras en altitudes desde los 600 hasta los 1800 m.s.n.m, en una zona montañosa de ladera, con suelos fértiles, donde según datos del IDEAM, Monterrey tiene 2372,5 horas de brillo solar anuales, una precipitación 2107 mm al año, una humedad relativa media es de 82% en época de invierno (abril-noviembre) y en época de verano (diciembre-marzo) es de 66%, y un piso térmico cálido en la mayoría de su extensión con una temperatura media de 27°C.



En Monterrey tienen problema con el ordenamiento territorial y no tienen un lineamiento urbanístico planificado, están solucionándolo actualmente. La fauna de este municipio está conformada por animales como: Corocora o garza roja, alcaravanes, azulejos, loros, gavilanes, perdices, mochileros, samuros, periquito, golondrina, mirlas, turpial amarillo, oropéndola, cardenal, perro de monte, cachicamo, lapa, tintín, venado, ardilla, zorro sabanero, ratón de monte, tigrillos, armadillo, oso hormiguero, oso perezoso, murciélago, faras, iguana. La flora por platanos como: yarumo, hobo, caraño, guarupayo, palma moriche, palma chuapo, palma chonta, tortolito, trompillo, mojaguillo y cultivos de la zona (Usma Oviedo & Trujillo González, 2011).

Con respecto a la hidrología y geología del municipio, el piedemonte está atravesado por una serie de ríos que descienden de la cordillera, los más importantes son los ríos Cusiana, Túa, Chitamena y Upía. En toda la zona del piedemonte los ríos al salir de la Cordillera, adoptan un patrón trenzado arrastrando gran cantidad de gravas. En el municipio de Monterrey se presentan tres fallas geológicas principales las cuales son: La Falla Guaicáramo, que marca el verdadero frente montañoso de la Cordillera Oriental con un cambio abrupto de pendiente y una subida rápida. La Falla de Pajarito, que es la más occidental del Sistema Frontal Andino mediante estudios de continuidad, calidad e indicios neotectónicos identificados según Carrillo y Vergara (1981) la clasifican como activa, con tasa de actividad intermedia (0,1 - 1,0 mm/año). La Falla de Yopal, que inicia en los alrededores de Yopal y su trazo se extiende por el piedemonte hasta la altura del Municipio de Tame, en el Departamento de Arauca, la clasifican como activa, con una Tasa de Actividad Intermedia (0,1 - 1,0 mm/año). (Pinto Valderrama et al., 2010)

La zona donde se ubican los caficultores en Monterrey principalmente es en el piedemonte llanero, pero existen fincas distribuidas por la montaña, lo cual conduce a presentar dos tipos de paisaje para ellos, el montañoso y el de piedemonte.

El paisaje montañoso corresponde a un sistema estructural plegado cuya altura y forma es originada por la acción de fuerzas tectónicas sobre un conjunto de rocas sedimentarias de diferente composición, las cuales están siendo afectadas por fenómenos denudativos. Se ubica en la franja occidental del municipio. La topografía es abrupta debido a la actividad tectónica, con pendientes superiores a 45%. Con alturas entre 800 y 1800 m.s.n.m, en la cuchilla El Palmichal y loma Guaneyes. En algunos sectores como en Guaneyes, Casical y Tierra Grata se presenta inestabilidad ocasionado por la actividad tectónica de la región. Principalmente en este tipo de paisaje se presentan dos tipos de ladera, ladera monoclinial y ladera erosional (Pedraza & Pichimata, s/f).

El paisaje de piedemonte llanero se encuentra a lo largo del borde del paisaje de montaña y lomerío, bordeando las lomas cuando estas entran en contacto con la llanura, presentan alturas entre 400 y 800 m.s.n.m. Se caracterizan por el alto modelado de los ríos, que da la apariencia "rasguñada" a este paisaje (drenaje subdendrítico y subparalelo) y una erosión fuerte por escurrimiento superficial y reptación. Se presenta en forma de franjas estrechas con cambios bruscos de



pendientes, como unidad de transición entre las zonas de altas pendientes representadas por el paisaje de montañas, y las zonas de bajas pendientes, representadas por los paisajes de lomerío, presencia de suelos con características de porosidad y retención de humedad relativamente iguales correspondientes a tipos de suelo franco (Pedraza & Pichimata, s/f).

El pH del suelo en la zona rural de Monterrey es ácido lo que indica que tiene mayor concentración de hidrógenos, pero para saber con exactitud el pH en los predios se necesita un estudio de suelos, y así determinar si es necesario abonar el suelo y con qué tipo de abono hacerlo dado que se necesitan saber las características principales como, el porcentaje de aluminio, magnesio, fósforo, nitrógeno y calcio. Para los cultivos de café el rango adecuado de pH se encuentra entre 5,0-5,5 según la FNC (Sadeghian Khalajabadi, 2016). Los suelos del Departamento de Casanare, se caracterizan por mantener altos contenidos de humedad y condiciones ligeramente superiores a las usuales para la época, con predominio de estados húmedos y localmente muy húmedos particularmente en la vertiente oriental de la Cordillera Oriental y del piedemonte de Casanare. (Consejo Departamental de Gestión del Riesgo de Desastres, 2012)

3.3 Proceso productivo del café

La cadena de abastecimiento agroindustrial del café está compuesta por una serie de etapas que conforman su proceso de transformación desde el cultivo hasta el café procesado; cultivo, recolección, despulpado, desmucilaginado, lavado, secado, tueste y molienda. (Rojas, 2012).

El cultivo de café inicia en un almácigo, donde se plantan granos seleccionados cerca los unos de los otros y se cubren con tierra fértil. Unas ocho semanas más tarde, las semillas germinan y las raíces se desarrollan, momento en el cual las plantas son seleccionadas y trasplantadas en el vivero, donde se les nutre durante seis meses. Cuando los brotes alcanzan una altura aproximada de 60 centímetros, son llevados a la plantación. Cuando la plantación del café está en cosecha, unos 7-11 meses después, se deben recoger en su totalidad los frutos maduros, no los verdes, de manera que se maximicen las ganancias y se evite la llegada de la broca al cultivo (García & Olaya 2006, FNC 2010).

Una vez recolectado el fruto se inicia su procesamiento inicialmente se realiza un procedimiento primario mediante técnicas secas o húmedas. En la técnica seca, los frutos cosechados se secan al sol durante 3-4 semanas, tiempo después del cual se pelan para extraer la cáscara, conocido como proceso de descascarado (Chanakya & De Alwis 2004).

Según la Federación Nacional de Cafeteros en Colombia el café es lavado con agua dulce luego de ser despulpado (separación del grano y la piel) mediante una máquina despulpadora para luego retirar el mucílago que cubre la semilla, para lo que es necesario dejar fermentar los granos en el agua, lo que necesita entre 18 y 30 horas. Luego de esto, el pergamino es expuesto al sol para su secado, lo que se



puede hacer mediante un proceso natural o artificial, lo cual dependerá de la cantidad de producción y del área disponible (FNC 2010).

Los granos secos pasan entonces al procesamiento secundario, donde se separan por tamaños, peso, color y uniformidad, para luego ser tostados. Este tipo de procesamiento, donde el café adquiere el color y aroma característicos, generalmente se lleva a cabo en los países consumidores. “Procesos posteriores, como la elaboración de café instantáneo y descafeinado, constituyen un procesamiento más elaborado del grano, el procesamiento terciario” (Chanakya & De Alwis 2004)

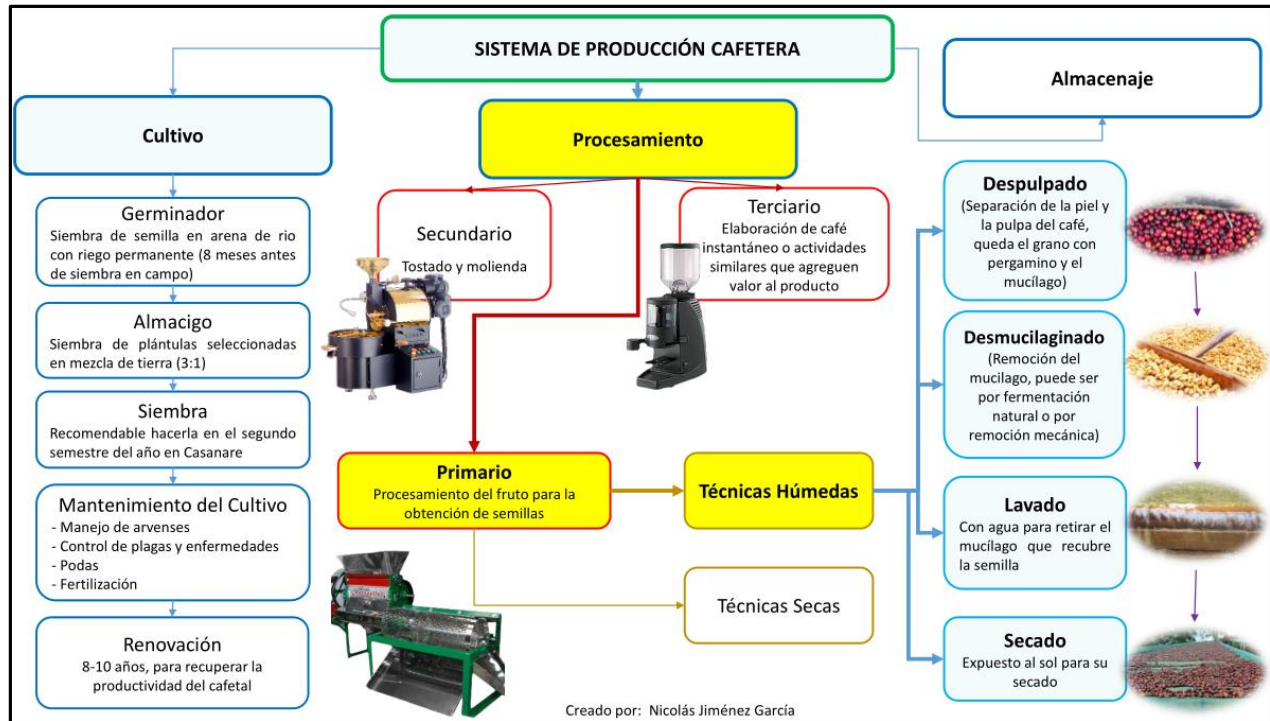
El periódico La República y CEPAL afirmaron en 2019 que antes de la pandemia Colombia se encontraba a nivel mundial como el tercer país que más exporta café a las naciones latinas (La República & CEPAL, 2019). Esto se ha visto afectado principalmente por el cambio climático, el cual ha traído grandes consecuencias sobre el calentamiento global, las más significativas han sido el fenómeno de El Niño y La Niña; esto ha traído gran repercusión en el abastecimiento mundial de alimento, y a su vez en los elevados precios del mercado. El café es uno de los productos que más variabilidad ha presentado en el precio y es el que más ha influido en la economía del país. Como se mencionó anteriormente los dos fenómenos que más han golpeado al país son: El Fenómeno de El Niño y de La Niña, debido a los climas extremos que no solo afectan la producción del café sino también afecta toda la producción agrícola del país (Sierra et al., 2017).

3.3.1 Proceso productivo del café en Monterrey, Casanare

Los productores del municipio de Monterrey realizan el beneficio del café con menos procesos, debido a que no se realiza proceso de descascarado o trillado. Por ende, el producto que ellos comercializan es el café pergamino. Según la información primaria y los datos arrojados por las encuestas realizadas a los productores de café, en muchos casos la mayoría de procesos son manuales y la mayoría de personas no acceden a pesticidas debido a su alto costo y la poca confiabilidad que tienen en estos procesos. Sin embargo, nunca han existido problemas graves por esta razón, a continuación, se describen los procesos que llevan a cabo la comunidad cafetera de Monterrey en su proceso productivo.

Figura 2

Proceso productivo del café en Monterrey, Casanare – Colombia



Nota: Esta figura muestra con color resaltado los pasos del proceso productivo del café en el municipio de Monterrey del departamento de Casanare-Colombia, donde incluyen los procesos de cultivo del café, procesamiento primario y almacenaje en costales de lona para el transporte fuera de la finca. Jiménez, N. 2021. *Proceso productivo del café en Monterrey, Casanare – Colombia* [Diagrama]. Elaboración propia.

Si bien todos los productores de café de Monterrey realizan el proceso de cultivo, no todos lo realizan de la misma manera, algunos siembran todas las semillas, pero muy pocos realizan el cultivo escalonado, es decir, todas las plantas no tienen la misma edad, se recomienda hacer este método de siembra en el municipio, debido a que esto hace parte de una siembra planificada, porque la renovación de los cafetales o el soqueo de estos se realiza después de cierto tiempo, el tiempo es determinado por la variedad de semillas que se haya utilizado, el cultivo escalonado trae consigo beneficios a mediano y largo plazo, como el permitir una oferta estable y continua del producto, da una visión de en qué momento va a ser necesario disponer de más mano de obra, de herramientas o maquinaria específica, ofrece una planificación de gastos e ingresos, evita excesos de producción o escases del producto, ayuda a una planeación para la compra de insumos y evitar gastos innecesarios, entre otros. El propósito entonces es lograr mayores rendimientos productivos con la menor cantidad de recursos y produciendo todo el año, a través de la siembra de cultivos a medida que se van cosechando.

Después del proceso de cultivo viene el procesamiento primario que es el procesamiento del fruto como tal, este es el proceso que se realiza en las fincas cafeteras del municipio de Monterrey.

Todos estos procesos se realizan en todas las fincas, pero si varían los equipos y los métodos con que se realizan. Es importante identificar estas variaciones porque a partir de ellas se van a tener en cuenta los aspectos e impactos ambientales,



debido que dependiendo de los procedimientos y la forma de ejecutarlos en algún grado pueden contribuir a degradar la calidad ambiental de los recursos de la región.

El proceso de despulpado también conocido como descerezado se realiza en el municipio de Monterrey con despulpadoras (descerezadoras), tanto manuales como mecánicas. Este proceso consiste en retirar la pulpa del cerezo de café por medio de la presión que ejerce la despulpadora y debe iniciarse inmediatamente después de que se cosechan los frutos. El retraso por más de 6 horas afecta la calidad del grano de café y puede originar el defecto llamado “fermento”. El mucílago es una capa viscosa que recubre el grano despulpado. Este debe removerse por medio del proceso de fermentación natural o mecánicamente. El mucílago es una baba o “miel”, y esta permite el despulpado con solo presionar la cereza. Por lo tanto, no se debería usar agua para despulpar el café. Este proceso de remoción del mucílago es considerado como desmucilaginado y se puede efectuar de dos formas en Monterrey, por medio de desmucilaginado mecánico o por fermentación natural

El proceso de desmucilaginado se realiza en los tanques donde se recibe el grano despulpado. En la fermentación natural, se debe controlar el tiempo para asegurar la calidad final del grano. El tiempo debe ser entre 12 y 18 horas para el municipio de Monterrey por condiciones de temperatura. Si el café se sobrefermenta se producen defectos de sabor y aroma (olor a vinagre, fermento, piña, vino, cebolla o rancio). Además, cuando el despulpado se realiza sin agua, se reduce el tiempo del proceso de fermentación. El uso de la fermentación natural es un método de remoción de mucílago de bajo costo, que requiere de poca infraestructura.

El lavado permite retirar totalmente el mucílago fermentado del grano, en Monterrey el proceso de lavado lo realizan en tanques de grandes dimensiones, de distintos tamaños dependiendo la cantidad de hectáreas de cada finca, El café se puede lavar en los tanques de fermentación (tanque tina) o en canal de correteo. El lavado del café en las fincas cafeteras de Monterrey se realiza, en la mayoría de las fincas, con agua que proviene de quebradas y nacimientos. Algunos utilizan agua proveniente de los acueductos veredales. Se recomienda lavar el café con agua limpia para evitar defectos como grano manchado, sucio, sabor a fermento y contaminación.

El proceso de secado en el municipio de Monterrey, lo realizan de diferentes maneras, los que tienen secadora lo dejan secar ahí, esta es la mejor alternativa porque la secadora cubre los granos de café pergamino de la lluvia y la humedad (la humedad en el proceso de secado, es causante del deterioro de la calidad final del grano) y si no tienen secadora ponen los granos en lona o plástico en secado al sol, para posteriormente meter los granos en costales y transportarlos fuera de las fincas en animales (mula, burro, entre otros) para luego venderlos como café pergamino. Este café es vendido por los caficultores de Monterrey a las cooperativas o a los comercializadores privados.

3.4 Formulación de medidas de Adaptación y Mitigación



Las medidas de mitigación son aquellas acciones que están encaminadas a reducir y limitar las emisiones de gases de efecto invernadero, mientras que las medidas de adaptación se basan en reducir la vulnerabilidad ante los efectos derivados del cambio climático. La mitigación, por lo tanto, se ocupa de las causas del cambio climático, mientras que la adaptación aborda sus impactos.

Por su parte las medidas de adaptación al cambio climático se orientan a limitar los impactos, reducir las vulnerabilidades e incrementar la resiliencia frente al cambio del clima de los sistemas humanos y naturales, algunas medidas recomendadas por el ministerio de agricultura en Colombia para el sector productivo agrícola son la mezcla de cultivos y ganadería, el manejo eficiente del agua de riego, monitoreo y predicción del clima, desarrollo y uso de nuevos cultivos, sistemas de cultivos múltiples o policultivos, uso de la diversidad genética, expansión de tierras cultivables, cambios en la distribución espacial agrícola y gestión en el uso de la tierra, aprovechamiento de las características topográficas, entre otras (MADR, 2010).

El incluir las variables medioambientales en el campo de la gestión empresarial es un aspecto que ha adquirido importancia debido a la importancia que ha tomado el desarrollo sostenible y los procesos productivos más limpios. La formulación de medidas de mitigación y adaptación al cambio climático implica realizar un conjunto de esfuerzos internos en la formulación de políticas, evaluación, planificación y ejecuciones sistemáticas, para mejorar continuamente el desempeño ambiental constituyéndose en una herramienta esencial para el manejo de riesgos ambientales a través de un método cíclico de 4 etapas: planear, hacer, verificar y ajustar (Darnall & Edwards, 2006).

Las cuatro etapas de este ciclo, PHVA por sus iniciales, promueven el mejoramiento continuo de los planes propuestos dentro del sistema de gestión y pueden ser descritas de la siguiente manera (Darnall & Edwards 2006, Turner 2009).

1. Planear: La organización identifica los objetivos a alcanzar y establece sus prioridades de gestión, además de determinar la forma de traducir su política ambiental a la acción.
2. Hacer: Consiste en generar la puesta en práctica de los procedimientos planteados en el paso anterior. La organización capacita a sus empleados, mejora las estructuras de comunicación y reduce sus impactos medioambientales significativos.
3. Verificar: Se llevan a cabo revisiones de la gestión realizada, estas revisiones consisten en evaluaciones críticas de lo que se ha hecho, la elaboración de informes de situación y las acciones de incumplimiento, y se establecen las nuevas preocupaciones ambientales y las recomendaciones de modificación del SGA.



4. Ajustar/Actuar: Los resultados de la revisión son retomados con el propósito de corregir las deficiencias identificadas, de manera que el mejoramiento continuo siga su curso.

3.5 Gestión ambiental en el sector cafetero en Colombia.

El cultivo del café en Colombia constituye un tejido social, cultural y político que ha servido de base para la estabilidad democrática y la integración nacional. Esta actividad representa el corazón de la sociedad rural colombiana ofreciendo una oportunidad de trabajo, de ingreso y de subsistencia a millones de colombianos en áreas en donde en su mayoría no existe alternativa viable. “El café evidentemente extiende su impacto económico y social mucho más allá de las regiones cafeteras. Como núcleo de absorción de mano de obra rural y como generador de demanda sobre los demás sectores de la economía, la red social cafetera es un activo estratégico del desarrollo nacional”. (Burbano y Ramírez, 2008) Como la producción cafetera además tiene lugar en muchas de las regiones biológicas más ricas del país, puede contribuir o bien a su desaparición o a su protección. Dadas las condiciones adecuadas, la producción cafetera puede ser benéfica no sólo económica sino ecológicamente.

El objetivo de la Guía Ambiental del Subsector Cafetero creada por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible en Colombia, es ser un instrumento de manejo, prevención, mitigación y corrección de los impactos ambientales que genera la actividad cafetera, esta busca facilitar, agilizar y unificar criterios para la gestión ambiental del subsector (MinAmbiente, 2012). La Federación Nacional de Cafeteros ha promovido la incorporación de los caficultores a las buenas prácticas de producción y operación, manejo adecuado y aprovechamiento de los subproductos y residuos de la caficultura, y la disminución en el consumo de agua durante el proceso (FNC 2010), actividades que, para que tengan éxito, deben estar dentro de un Sistema de Gestión Ambiental “que defina claramente los mecanismos operativos o de acción requeridos en las etapas del proceso productivo”, conformado por una política ambiental, planeación e implementación de las medidas ambientales, seguimiento y monitoreo, revisión y mejoramiento, basados en el esquema básico de “PHVA”.

3.6 Marco Legal.

La Constitución Política de 1991 estableció un conjunto importante de derechos y deberes del Estado, las instituciones y los particulares en materia ambiental, enmarcado en los principios del desarrollo sostenible. Los artículos 8, 79 y 80 de la Constitución Política señalan que es deber del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica, fomentar la educación para el logro de estos fines, planificar el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales para garantizar su desarrollo sostenible,

su conservación, restauración o sustitución. A continuación, se presentan las leyes, decretos y resoluciones más importantes y vigentes para el sector cafetero en Colombia.

Tabla 1
Marco Legal

Normatividad Ambiental Relevante y Actual para el Sector Cafetero Colombiano	
Ley 373 de 1997	Esta ley estipula aspectos relacionados sobre el programa para el ahorro y el uso eficiente del agua.
Decreto Ley 2811 de 1974	Este decreto habla acerca de los recursos naturales renovables y aspectos a tener en cuenta. (Código nacional de los recursos naturales renovables RNR y no renovables y de protección al medio ambiente).
Ley 1252 de 2008	Esta ley regula aquellos requerimientos prohibidos en el ámbito ambiental, frente a los residuos peligrosos.
Ley 491 de 1999	Esta habla acerca del seguro ecológico, en donde estipula cada aspecto a tener en cuenta para los seguros ecológicos, sean obligatorios o voluntarios.
Decreto 3930 de 2010	Establece parámetros para el manejo del agua y los residuos líquidos.
Resolución 2254 de 2017	Estipula aspectos relacionados a la calidad del aire y medidas de prevención frente a la contaminación atmosférica.
Resolución 0631 de 2015	Establece los valores máximos permisibles para vertimientos.
Decreto Único Reglamentario 1076 de 2015	Compila las disposiciones reglamentarias del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible.
Resolución 1207 de 2014	Por la cual se adoptan disposiciones relacionadas con el uso de aguas residuales tratadas.
Resolución 627 de 2006	Fija para todo el territorio nacional, la norma nacional de emisión de ruido y norma de ruido ambiental.
Decreto 1575 de 2007	Normas de calidad organolépticas, físicas, químicas y microbiológicas del agua potable.
Decreto 1843 de 1991	Esta habla sobre el uso y manejo de plaguicidas.
Decreto 895 de 2008	Esta habla sobre el uso racional y eficiente de energía eléctrica.
Incidencia de las Normas en las Etapas de Producción del Café	



Etapa	Normatividad	Aspectos técnicos y administrativos que debe realizar la alcaldía para hacer cumplir la norma en el Sector Cafetero
Siembra en el terreno Cultivo del café Descerezado Fermentado Lavado	Ley 491 de 1999 – Artículo 4	<ul style="list-style-type: none"> • Adquirir un seguro ecológico
Siembra en el terreno	Decreto ley 2811 de 1974 – Artículo del 182 al 186	<ul style="list-style-type: none"> • Implementar el uso de abonos orgánicos para disminuir el uso de químicos en el cultivo de café
Cultivo del café Descerezado Fermentado Lavado	Resolución 1207 de 2014 Ley 373 de 1997 Decreto ley 2811 de 1974 – Artículo 133	<ul style="list-style-type: none"> • Diseñar e implementar un programa de ahorro y empleo adecuado del agua • Implementar el plan de reutilización del agua • Sistema de recolección de aguas lluvias, utilizar esta agua para riego del cultivo (Solo Cultivo del café) • Implantación de tecnologías limpias y ahorro del consumo de agua (Solo Descerezado)
Siembra en el terreno	Ley 1843 de 1991	<ul style="list-style-type: none"> • Diseñar e implementar el plan para manejo de residuos peligrosos, en este caso, los plaguicidas.
Siembra en el terreno	Decreto ley 2811 de 1974 – Artículo 27 – 28 – 31 – 37	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar la solicitud de permisos ambientales ante la autoridad competente • Implementar el plan de emergencia antes situaciones ambientales • Plan de manejo de plaguicidas
Siembra en el terreno Descerezado Fermentado Secado	Resolución 2254 de 2017	<ul style="list-style-type: none"> • Diseñar e implementar plan para el manejo de calidad del aire
Siembra en el terreno	Decreto ley 2811 de 1974 – Artículo del 182 al 186	<ul style="list-style-type: none"> • Implementar el uso de abonos orgánicos para disminuir el uso de químicos en el cultivo de café
Siembra en el terreno Descerezado Fermentado Lavado	Decreto 1575 de 2007 Resolución 0631 de 2015 – Artículo 9	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar los análisis de la calidad del agua periódicos
Siembra en el terreno Descerezado	Decreto 3930 de 2010	<ul style="list-style-type: none"> • Tratamiento de aguas residuales y lixiviados • Plan de manejo de residuos líquidos (Descerezado y Fermentado)



Fermentado Lavado		
Siembra en el terreno	Decreto 1843 de 1991	<ul style="list-style-type: none">• Diseño plan de manejo de pesticidas y medidas de control para la contaminación del aire
Recolección del café	Decreto ley 2811 de 1974 – Artículo 34 al 38	<ul style="list-style-type: none">• Diseñar e implementar el plan integral de manejo de residuos sólidos
Descerezado	Decreto ley 2811 de 1974 – Artículo del 167	<ul style="list-style-type: none">• Diseñar e implementar programa de gestión para el ahorro y uso eficiente de energía
Descerezado	Decreto 895 de 2008	<ul style="list-style-type: none">• Diseñar e implementar programa de gestión para el ahorro y uso eficiente de energía
Descerezado	Decreto 1076 de 2015 Resolución 627 de 2006	<ul style="list-style-type: none">• Implementación de medidas para el control del ruido
Descerezado Fermentado Secado	Resolución 2254 de 2017	<ul style="list-style-type: none">• Plan para el manejo y control de olores
Descerezado Fermentado Lavado	Resolución 0631 de 2015 – Artículo 9	<ul style="list-style-type: none">• Realizar los análisis de la calidad del agua periódicos

Nota: En esta tabla están presentes todas las normas vigentes que inciden en el proyecto. Elaboración propia (2021). Información de legislación ambiental obtenida de (Lugo Álvarez et al., 2020)



4 Desarrollo de la pasantía

La primera fase del desarrollo de esta pasantía correspondió en recolectar información, como parte de la obtención de información secundaria y para poder identificar las variables y consecuencias que alteran la óptima producción de café debido al efecto del cambio climático sobre los cultivos de cafeto en el municipio, se realizó una revisión bibliográfica de la información relacionada con la adaptación y mitigación al cambio climático para el sector cafetero, en donde se buscará información acerca de:

- ✓ Las variables climáticas que influyen en la producción de cultivos de café.
- ✓ Las variables a las que son sensibles los cultivos y las óptimas condiciones de calidad y producción.
- ✓ Las plagas y enfermedades comunes que se presentan en estos cultivos y como son potenciadas por el cambio climático.
- ✓ Avances tecnológicos y herramientas ya utilizadas para la mitigación y adaptación.
- ✓ Los tipos de café y las características físicas de cada cultivo.

La revisión bibliográfica se desarrolló a través de herramientas de investigación tales como Scopus, Science Direct, Web of Science, para asegurar la confiabilidad de los datos y calidad de la información recolectada, sin embargo, también se consultó información por la página oficial del municipio.

Como parte de la obtención de información primaria inicialmente se realizaron 3 visitas de reconocimiento, en los meses de mayo y julio de 2021, para conocer el proceso productivo y las particularidades del contexto del municipio de Monterrey, Posterior a esto se llevaron a cabo encuestas que en su mayoría fueron vía telefónica, esto como medida de prevención debido a la actual pandemia del COVID-19, el deber de no poner en riesgo la salud de ningún productor encuestado y sus familiares, incluyendo la del encuestador. Estas encuestas se realizaron con el fin de obtener un panorama acerca del proceso en la región, las condiciones bajo las cuales se realiza, las dinámicas del mercado, las ganancias a nivel regional y para el municipio por distribución de este producto, y la percepción de la incidencia de los factores climáticos sobre los cultivos de café, información la cual se busca complementar con la que está en la secretaría de desarrollo económico y medio ambiente del municipio.

La segunda fase, se realizó un análisis de la capacidad de respuesta que tiene el sector cafetero frente al cambio climático, y de los impactos que el proceso productivo es susceptible de presentar que pueden acentuar a su vez el cambio climático en donde:

- ✓ Se analizó la vulnerabilidad del sector y sus factores ambiental, físico, económico y social.
- ✓ Se identificaron los impactos ambientales derivados del proceso productivo del café.



Posteriormente se contemplaron datos del IDEAM obtenidos de las estaciones climáticas, (meteorológicas y pluviométricas) de la región del Casanare, más específicamente del municipio de Monterrey, en donde se generaron retrospecciones y proyecciones climáticas analizando variables de temperatura y precipitación para generar un diagnóstico de las condiciones climáticas que van a tener que afrontar los productores en los 10 años próximos, y así diagnosticar las condiciones próximas que tendrán los cultivos y a las cuales se deben adaptar para poder ofrecer estrategias de adaptación al proceso productivo con el fin de reducir al máximo las pérdidas posibles generadas por efectos climáticos, así como optimizar el proceso productivo haciéndolo más eficiente y más amigable ambientalmente.

Para la evaluación de los impactos ambientales no existe un método universalmente aceptado; uno de los más utilizados en publicaciones científicas es el Índice de Importancia de Impacto. Esta metodología permite la evaluación de cualquier proyecto y considerar diferentes atributos, permitiendo la valoración del impacto según sus características, ofreciendo una visión completa de los efectos de acciones antrópicas al ambiente natural local, por lo que su uso posibilita crear medidas correctoras e implementarlas en el área estudiada (Rojas, 2012). La metodología, descrita por Conesa (2010), consta de una matriz de doble entrada en la que se disponen como filas los factores ambientales que pueden ser afectados y como columnas las acciones que vayan a tener lugar y que serán causa de los posibles impactos, de esta manera, se pueden reconocer las actividades que están ejerciendo un impacto positivo o negativo frente al componente que se está evaluando.

Una vez identificados los impactos, estos se evalúan para conocer su importancia. Esta evaluación tiene en cuenta criterios que en la metodología general para la presentación de estudios ambientales (MAVDT, 2010) se consideran, y se realiza a través de la matriz de importancia. Esta matriz es construida a partir de la estimación del impacto con base al grado de manifestación cualitativa de la naturaleza (impacto beneficioso o perjudicial), intensidad (In), extensión (Ex), momento (Mo), persistencia (Pe), reversibilidad (Rv), sinergia (Si), acumulación (Ac), efecto (Ef), periodicidad (Pr), recuperabilidad (Mc) e importancia (I), que al sumarlos mediante la fórmula (Conesa 2010): $I = [3in + 2ex + mo + pe + rv + si + ac + ef + pr + mc]$ arrojará un valor entre 13 y 100, siendo los impactos con valores menores a 25 los irrelevantes, entre 25-50 los moderados, entre 50-75 los severos y los impactos con 34 calificaciones de 76 en adelante serán los críticos, y entre más arriba en la escala, deben ser tratados con mayor urgencia. Adicionalmente se debe tomar como referencia los límites permisibles de los contaminantes definidos en la legislación ambiental en los casos en los que exista (MAVDT 2010) y los indicadores que, por ejemplo, los proveerá el análisis de suelo realizado en el Laboratorio Nacional de Suelos del IGAC.

En la tercera y última fase se procedió a diseñar las medidas de adaptación y mitigación más óptimas para el sector cafetero del municipio de Monterrey, Casanare, como parte de un programa estratégico de plan de manejo ambiental para el municipio.

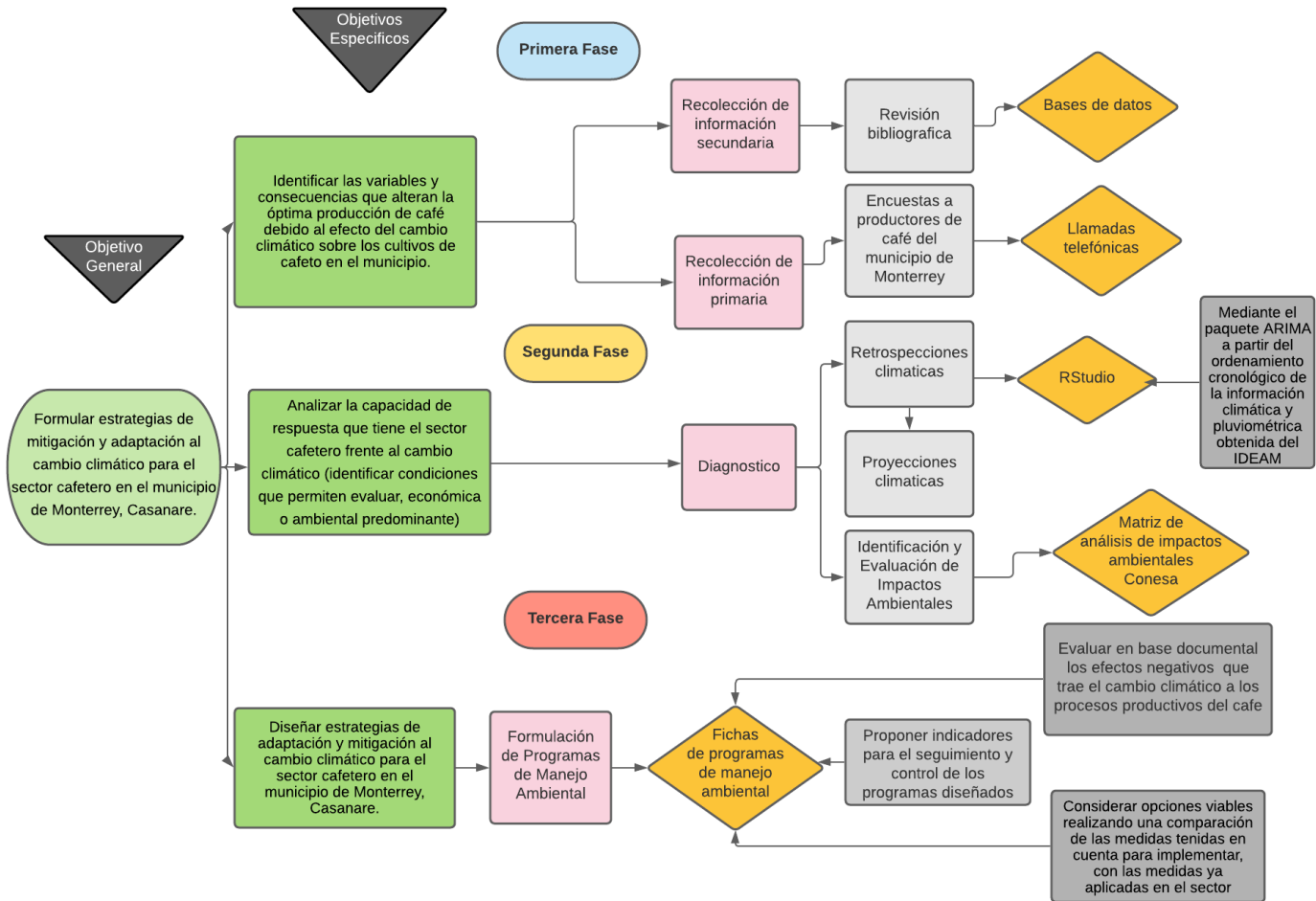


- ✓ Se realizó una comparación de las medidas tenidas en cuenta para implementar, con las medidas ya aplicadas en el sector, para adaptar los cultivos a estas variaciones climáticas e identificar cuáles serían las mejores opciones a considerar.
- ✓ Se formularon programas estratégicos para el municipio de Monterrey según la información obtenida, orientados a dar manejo a los impactos presentados en el área específica del municipio, para conforme a ellos generar las medidas de manejo ambiental
- ✓ Se evidenciarán los indicadores para el adecuado el seguimiento y monitoreo a las medidas impuestas para verificar su cumplimiento

Finalmente se da la culminación del presente documento donde tiene toda la información del proceso, los resultados (medidas formuladas), el porqué de estos y demás información ambiental relacionada. El documento final que se entregó fue socializado a la Secretaría de Desarrollo Económico y del Medio Ambiente del municipio, este documento cuenta no solo con medidas necesarias para mitigar el cambio climático, sino que también con las medidas encaminadas a reducir la vulnerabilidad de los sistemas naturales y humanos ante los efectos esperados del cambio climático. Este tipo de medidas buscan ahorrar a corto y a largo plazo gastos económicos que se incurrirían por tener que compensar o mitigar un efecto de contaminación que sea muy grave. Además, será de utilidad para la Secretaría como información base para poder implementar Planes de Manejo Ambiental o posiblemente implementar un Sistema de Gestión Ambiental.

A continuación, se sintetizan las actividades que se desarrollaron en este proyecto de pasantía con el fin de formular estrategias de mitigación y adaptación al cambio climático para el sector cafetero en el municipio de Monterrey, Casanare.

Figura 3
Diagrama Metodológico.



Nota: Esta figura muestra el paso a paso y las actividades que se siguieron en el presente documento para cumplir satisfactoriamente con los objetivos, la metodología del documento de pasantía. Jiménez, N. 2021. *Diagrama Metodológico* [Diagrama]. Elaboración propia. Lucidchart.

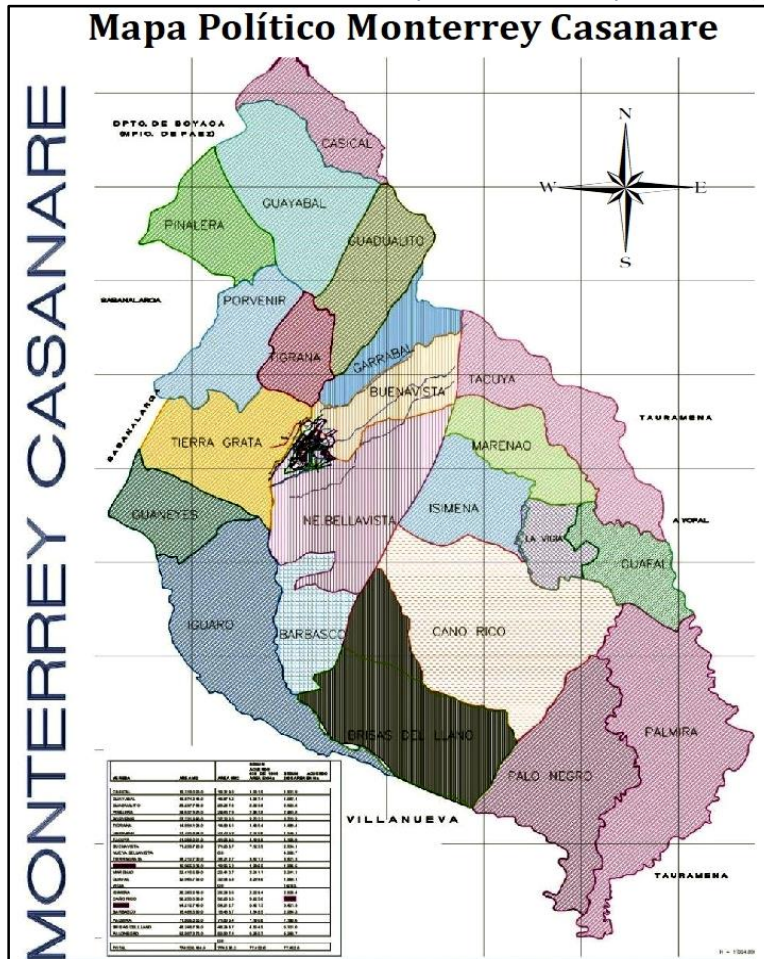


5 Resultados

5.1 Contexto general de los productores del municipio

Figura 4

División Política de las Veredas del Municipio de Monterrey Casanare (2021)



Nota: Esta figura muestra la división política actual del Municipio de Monterrey, Casanare en Colombia. EOT Monterrey Casanare, 2021. *Municipio Monterrey Casanare* [Mapa]. Recuperado de <https://repositoriodim.esap.edu.co/handle/123456789/10330>.

El municipio de Monterrey cuenta con aproximadamente 70 productores de café según las bases de datos otorgadas por la alcaldía, estos productores están distribuidos en aproximadamente 55 fincas registradas, como se tuvo en cuenta la percepción por zona geográfica, se decidió realizar una encuesta por finca, más no por productor, de las cuales fue posible encuestar a 50 fincas cafeteras, esto debido a que fue imposible establecer comunicación con dos productores, uno falleció por COVID-19 y dos no quisieron colaborar con la encuesta por la mala relación con la alcaldía. Debido a esto se puede decir que la información primaria otorgada por los

encuestados es significativa. También a pesar de sus distintos puntos de vista, bastantes respuestas fueron similares frente a las problemáticas, frente las percepciones ambientales y variables del proceso productivo del café, donde todas fueron tenidas en cuenta.

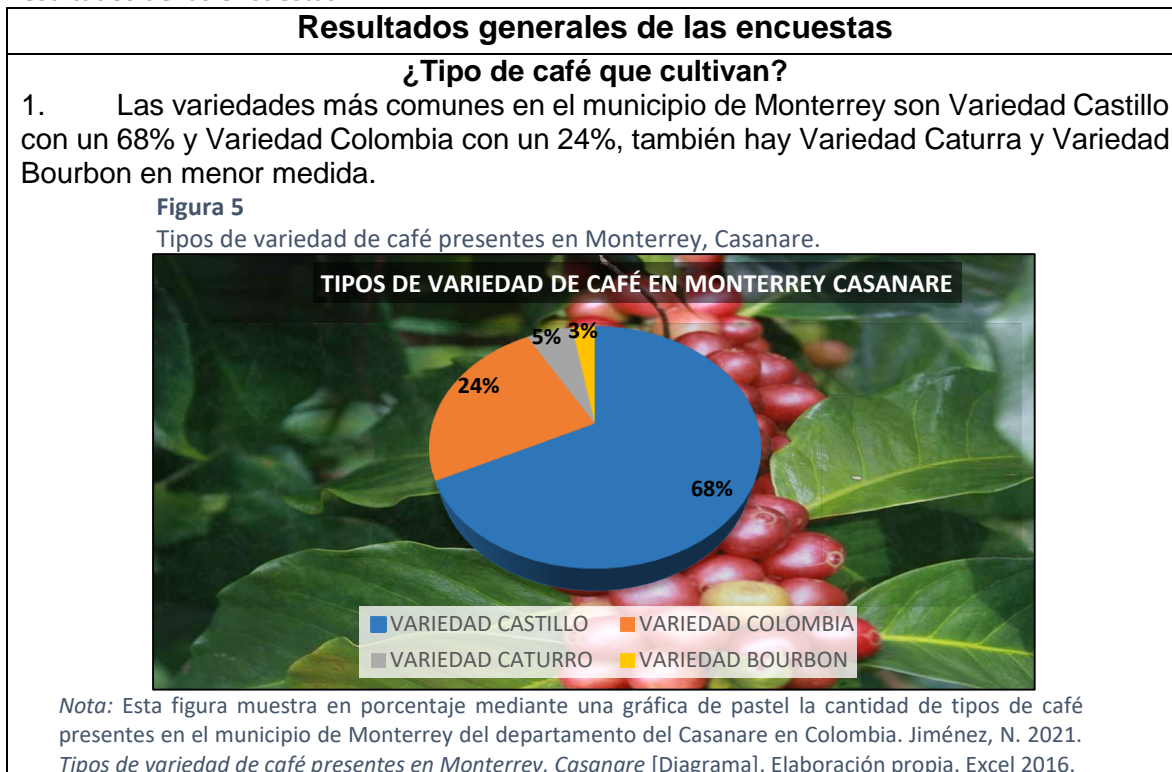
5.1.1 Recopilación de información en campo

A diferencia de la recopilación de información que se realizó a través de las herramientas de investigación tales como Scopus, Science Direct, Web of Science, en donde se tuvieron en cuenta artículos, tesis, documentos investigativos y demás, se diseñó como instrumento para recopilar información primaria en campo, una encuesta, la cual se puede ver en el (Anexo A), dicha encuesta contó con 40 preguntas diseñadas estratégicamente para poder recopilar información importante acerca del estado actual del microclima de la región, de los procesos que realiza el sector cafetero y sus condiciones, estas encuestas fueron aplicadas a 50 productores de café del Municipio de Monterrey, Casanare. Las cuales en su mayoría fueron realizadas telefónicamente, gracias a que se contaba con la base de datos otorgada por la alcaldía del municipio, lo cual facilitó la obtención de la información.

A continuación, se presentan los resultados de las encuestas y posteriormente el análisis de estas.

Tabla 2

Resultados de las encuestas



¿Hace cuánto se dedican a la siembra del café?

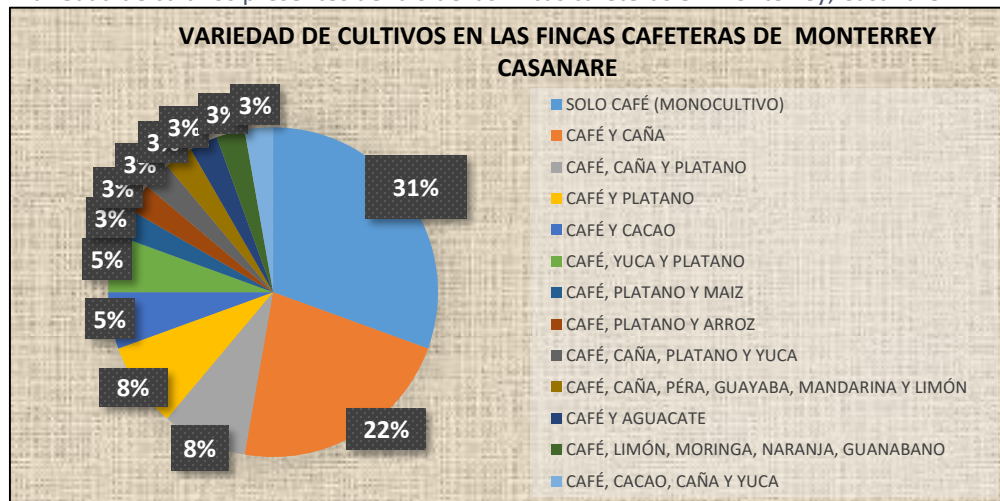
2. En Monterrey Casanare se dedican a la siembra del café algunos desde hace dos años y otros desde toda la vida (más de 60 años), el promedio tiempo dedicado a esta labor por parte de los caficultores en Monterrey es de aproximadamente 10 años

¿Tienen algún otro cultivo a parte del café?

3. En las fincas cafeteras de Monterrey Casanare si bien se cultiva el café, también se cultivan otras especies, en predominancia solo café con un 31%, café y caña 22%, café caña y plátano 8%, café y plátano 8%, café y cacao 5%, café yuca y plátano 5%, café plátano maíz 3%, café plátano arroz 3%, café caña plátano y yuca 3%, café caña pera guayaba mandarina limón 3%, café y aguacate 3%, café limón moringa naranja guanábano 3%, café cacao caña y yuca 3%.

Figura 6

Variedad de cultivos presentes dentro de las fincas cafeteras en Monterrey, Casanare.



Nota: Esta figura muestra mediante una gráfica de pastel en porcentaje de la predominancia y la variedad de cultivos presentes las fincas en el municipio de Monterrey del departamento del Casanare en Colombia. Jiménez, N. 2021. *Variedad de cultivos presentes dentro de las fincas cafeteras en Monterrey, Casanare* [Diagrama]. Elaboración propia. Excel 2016.

¿Tienen cultivos dentro del cafetal?

4. En el 22% de las fincas cafeteras de Monterrey se intercalan **dentro de las mismas plantaciones de café** otras especies de plantas como lo son: Palma, Chontaduro, Morojo Cítricos, Limón Tahití, Mandarino Arrayana, Naranja Tangelo, Guayaba, Pera, Plátano (para la sombra), Maíz, Aguacates, Limones, Moringa, Guanábanos, Cacao, Caña, Banano y Arroz.

Figura 7

Homogeneidad en los cultivos de café de Monterrey, Casanare

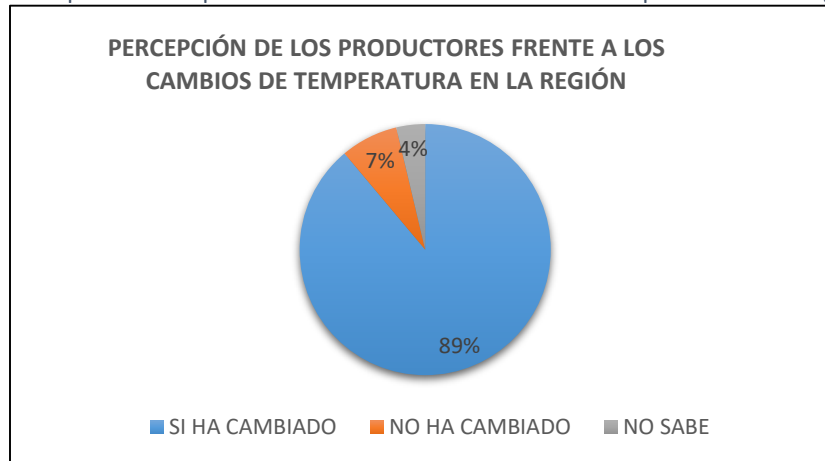


	<p style="text-align: center;">HOMOGENEIDAD EN LOS CULTIVOS DE CAFÉ DE MONTERREY-CASANARE</p> <div data-bbox="467 342 792 531"><p>■ CULTIVAN OTRAS ESPECIES DENTRO DEL CAFETAL</p><p>■ NO CULTIVAN OTRAS ESPECIES DENTRO DEL CAFETAL</p></div> <div data-bbox="841 300 1144 604"><table border="1"><thead><tr><th>Categoría</th><th>Porcentaje</th></tr></thead><tbody><tr><td>Cultivan otras especies dentro del cafetal</td><td>22%</td></tr><tr><td>No cultivan otras especies dentro del cafetal</td><td>78%</td></tr></tbody></table></div> <p><i>Nota:</i> Esta figura muestra mediante una gráfica de pastel en porcentaje que tan homogéneos o heterogéneos son los cultivos presentes las fincas en el municipio de Monterrey del departamento del Casanare en Colombia. Jiménez, N. 2021. <i>Homogeneidad en los cultivos de café de Monterrey, Casanare</i> [Diagrama]. Elaboración propia. Excel 2016.</p>	Categoría	Porcentaje	Cultivan otras especies dentro del cafetal	22%	No cultivan otras especies dentro del cafetal	78%	
Categoría	Porcentaje							
Cultivan otras especies dentro del cafetal	22%							
No cultivan otras especies dentro del cafetal	78%							
<p style="text-align: center;">¿Cuánta extensión tienen los cultivos de café?</p> <p>5. Las fincas cafeteras en Monterrey van desde ½ Ha hasta las 5 Ha, pero predominan las fincas entre 1Ha y 2Ha.</p>								
<p style="text-align: center;">¿En peso, cuánto café saca usted normalmente por cosecha?</p> <p style="text-align: center;">1 carga = 125 Kg</p> <p>6. Entre las Ha de café los productores por cosecha pueden sacar desde 3 cargas hasta 20 cargas, con excepciones de un par de productores que pueden sacar más de 30 cargas, la media de productores saca aproximadamente de 6 a 7 cargas por cosecha, directamente proporcional a la cantidad de Ha de café que pueden ser cosechadas. La productividad promedio por Ha en el municipio de Monterrey es de 5 Carga/Ha o 637,68Kg/Ha lo cual es una productividad media. La variedad Castillo es la que más se presenta en las fincas de este municipio y normalmente por Ha se plantan aproximadamente 3000 plantas de cafeto.</p>								
<p style="text-align: center;">¿La fecha de siembra/cosecha se ha visto modificada en los últimos años?</p> <p>7. No se ha visto modificada radicalmente, ha cambiado el tema del clima y si les afecta, los productores tienen que esperar a las condiciones adecuadas para la cosecha, hay más variabilidad hoy en día. Hay veces que no hay verano, que solo dura un mes el verano y pasa de largo el invierno. Pero a consideración de un productor si comenta que empezó a llover en época de verano e hizo verano en unos meses donde antes había invierno, no es como antes que se sabía que en diciembre empezaba el verano y terminaba en marzo, y empezaba en abril el invierno, ahora no se puede confiar en que el verano va a ser en esa época</p>								
<p style="text-align: center;">¿Cada cuánto se renueva el café?</p> <p>8. Como tal los productores de Monterrey soquean las plantas de café después de cumplir los 7 u 8 años, hay otros que llevan 12 años con los cultivos y dicen que les sigue produciendo bien.</p>								
<p style="text-align: center;">¿Ha habido algún cambio en los patrones de temperatura o en la temperatura en las últimas décadas?</p> <p>9. La temperatura baja más en el invierno y el verano calienta más duro, hace 10 años se notan los cambios. Los veranos eran de 3-4 meses hace 30-40 años y casi no se sentían, y ahora son 2-3 meses, pero seca todo, son más fuertes. Según los productores las bajas temperaturas también afectan a los cultivos (por las "heladas" o "nevadas"), ya que se queman las plantas y se empiezan a amarillar. En verano no solo</p>								

aumenta la temperatura, sino que también es más fuerte el sol. Todos los productores están de acuerdo con esto.

Figura 8

Percepción de los productores frente a los cambios de temperatura en la región



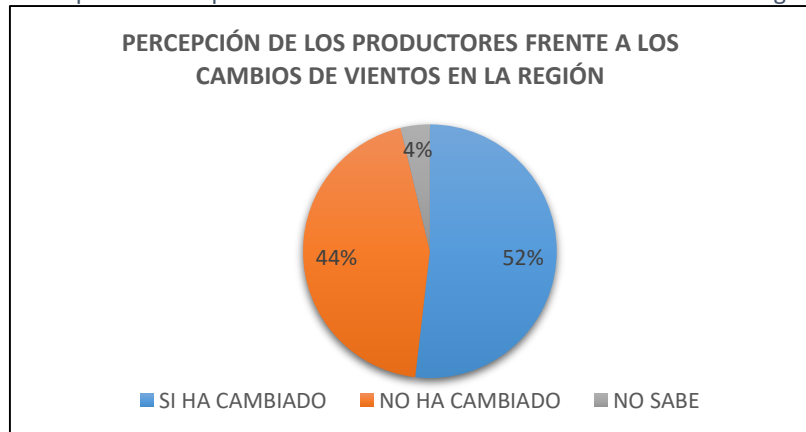
Nota: Esta figura muestra mediante una gráfica de pastel en porcentaje, la percepción de los productores de café regiomontunos frente a los cambios de temperatura en la región. Jiménez, N. 2021. *Percepción de los productores frente a los cambios de temperatura en la región* [Diagrama]. Elaboración propia. Excel 2016.

¿Ha habido algún cambio en los patrones de vientos o en los vientos en las últimas décadas?

10. El viento ha aumentado la fuerza, esta se evidencia más en ciertos lugares donde ha habido deforestación o donde hay menor densidad de árboles.

Figura 9

Percepción de los productores frente a los cambios de vientos en la región



Nota: Esta figura muestra mediante una gráfica de pastel en porcentaje, la percepción de los productores de café regiomontunos frente a los cambios de vientos en la región. Jiménez, N. 2021. *Percepción de los productores frente a los cambios de vientos en la región* [Diagrama]. Elaboración propia. Excel 2016.

¿Ha habido algún cambio en los patrones de precipitación en las lluvias en las últimas décadas?

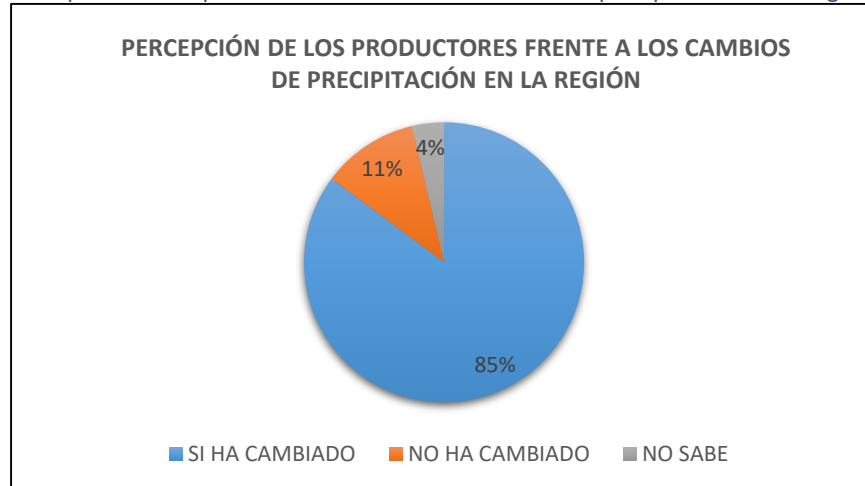
11. Con las lluvias lo mismo, las lluvias son más intensas antes llovía de 1 semana a 20 días, pero no había daños por la lluvia, y ahora llueve en 1 semana dos o tres días y



"acaba con la región" dice un productor, hay mucho arrastre. Está lloviendo más en invierno y hay presencia de chubascos más fuertes. Todos los productores están de acuerdo con esto.

Figura 10

Percepción de los productores frente a los cambios de precipitación en la región



Nota: Esta figura muestra mediante una gráfica de pastel en porcentaje, la percepción de los productores de café regionmontunos frente a los cambios de las precipitaciones en la región. Jiménez, N. 2021. *Percepción de los productores frente a los cambios de precipitación en la región* [Diagrama]. Elaboración propia. Excel 2016.

¿Se han presentado fenómenos meteorológicos extremos como, lluvias intensas, tormentas eléctricas, veranos largos, sequías u otras, que comúnmente no se presentaban?

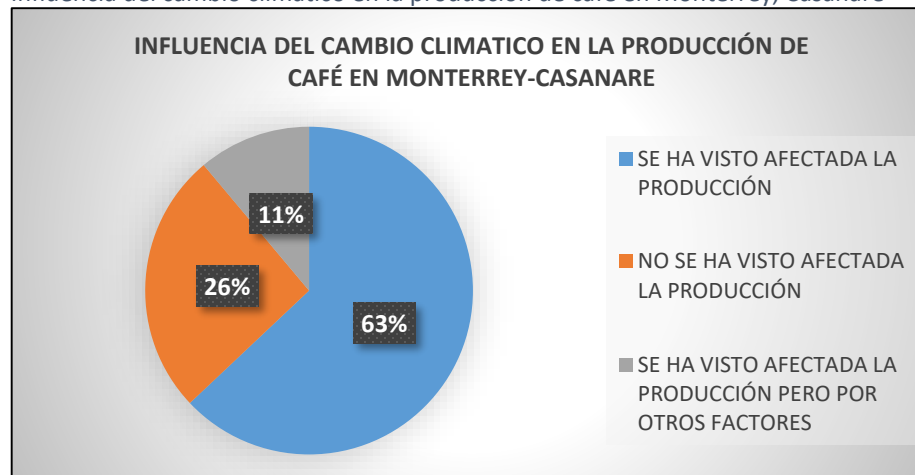
12. Si, se han presentado estos fenómenos y si se han visto afectados, por ejemplo, la vereda Guaneyes, está por desaparecer porque hay mucha falla geológica debido a que cae mucha agua. Pero normalmente si se presentan lluvias intensas y torrenciales en toda la región. En el caso de una productora (María Elvia Ramírez) el año pasado 2020 hubo una tormenta y cayó un rayo que reventó en la casa la luz de alta tensión, y en el cuarto donde tenían todo se les quemaron los equipos, una bomba estacionaria que les habían dado, se les quemó los motores de la descerezadora, se les quemó las bombas de bañar el ganado, el contador de la luz y una electrobomba. Las plantas no se han visto afectadas con estos fenómenos meteorológicos.

¿La producción se ha visto afectada, o sea ha aumentado o ha disminuido en las últimas décadas?

13. Según la mayoría de productores la producción se ha visto afectada por cambios climáticos bruscos, se hiela y se daña. Los productores dicen que ha bajado la producción, no sabe si es por las lluvias, pero han bajado las cargas. También el verano ha sido más corto pero calienta más duro, el clima hace mucho daño a la planta porque si está haciendo mucho sol el café no engruesa como debe ser, porque se quema y no lo deja crecer y después cuando empieza a llover no alcanza a formarse bien. En verano también, porque dicen que el café se pone "amarillo", no hay agua para echarle a los cultivos en el tiempo de verano (en invierno si porque hay agua de lluvia) (aunque el año pasado casi no hubo verano) si hubiera agua en el verano para regarle a la planta, esta no se atrasaría pero como no hay, toca soquear porque llega el tiempo de invierno y ya está atrasada. Pero también hay unos productores que comentan que se ha mantenido estable y que si se abona de manera adecuada aumenta la producción, pero también se encuentran con el inconveniente de que por falta de vías no pueden subir mucha cantidad de abono a la finca. Otros productores, aunque en menor cantidad, dicen que la producción aumentado, debido a que el cultivo ha aumentado, más no por condiciones climáticas.

Figura 11

Influencia del cambio climático en la producción de café en Monterrey, Casanare



Nota: Esta figura muestra mediante una gráfica de pastel en porcentaje, la percepción de los productores de café regiomontunos frente a la influencia que ha tenido el cambio climático en la producción de café en Monterrey, Casanare- Colombia. Jiménez, N. 2021. *Influencia del cambio climático en la producción de café en Monterrey, Casanare* [Diagrama]. Elaboración propia. Excel 2016.

¿Cuáles son los principales retos en la producción?

14. El reto más importante para la gran mayoría de los productores de café para las fincas cafeteras de Monterrey en casi todas las veredas es que no tienen vías de acceso (necesitan vías) tanto para la entrada de insumos como para la salida del producto (para la venta), en ocasiones les toca cultivar menos para que no se pierda toda la producción en el momento de la cosecha, ya que no pueden sacar toda lo producido y mucho se pierde, esto implica menos ingresos para los productores, aparte que los insumos están más caros y el café lo compran más barato, entonces les alcanzan menos, por ejemplo los insumos que valían "\$20 mil pesos" ahora están a "\$200 mil pesos" y los que valían "\$50 mil pesos" ahorita están a "\$160 mil pesos", entonces cuando llega la cosecha y van a vender el café le bajan el precio para comprarlo barato y no les queda nada. Uno de los productores cree que eso está más grave que la situación climática. La mano de obra



se incrementó y les toca pagar la mano de obra. Aparte de eso, no está bien pago el café y los productores están pensando en hacer otras cosas, porque ven que hay gente que hace menos y gana más que ellos. Tampoco se tiene y/o saben dónde conseguir fertilizantes cerca y si mandan a traer los fertilizantes de Miraflores o Bogotá salen carísimos, la falta de información sobre la compra de insumos para el mantenimiento del cultivo y agroquímicos para el control de plagas. No tienen capacitaciones para una adecuada reutilización de residuos sólidos ni líquidos, buenas prácticas agrícolas, responsabilidad con el medio ambiente, gestión y prevención en desastres. Otro reto en la producción del café es que a algunos productores les preocupa que no tienen ayudas de mejoramiento de vivienda para la infraestructura o herramientas necesarias para los procesos de producción del café. Por ejemplo, la secadora para secar el café, si ponen el café afuera se pone a llover y el café pierden calidad porque se humedece y los compradores son los que dicen que está muy húmedo. Otro reto que presentan las fincas cafeteras ubicadas en las partes más altas del piedemonte es la escases de agua por falta de sistemas de riego, esto los perjudica más en las épocas de verano ya que la precipitación disminuye y las temperaturas aumentan. El representante de los caficultores comenta que debido al consiente problema de ordenamiento territorial los productores se sienten olvidados por el gobierno debido a las escasas colaboraciones.

¿Ha habido cambios en las prácticas agrícolas?

15. Los productores han tenido que fertilizar antes de comenzar el verano para que la planta sea más resistente en esa época.

¿Usted tiene conocimiento sobre el cambio climático y como esto le puede afectar su cultivo? ¿Qué sabe?

16. En general los productores no saben mucho de las consecuencias que puede dejar el cambio climático en los cultivos, la mayoría saben que influye en algo, pero no saben en qué, unos pocos dicen que este cambio trae consigo veranos más fuertes trayendo consigo grandes sequias e inviernos más prolongados que afectarán a la planta y se suman las enfermedades, también opinan que todavía le falta muchos años al cambio climático para que los afecte. No se sienten preparado para enfrentar el cambio climático

¿Normalmente cómo se abastece de agua para el riego de sus cultivos?

17. La mayoría de productores recogen y almacenan agua de lluvia en el techo en tanques, aquí no cuentan con sistema de riego, algunos para el proceso de lavado y descerezado utilizan agua con manguera, esta agua la sacan de las quebradas que les quedan cerca y como es cordillera baja con fuerza por gravedad, otros utilizan la misma agua de lluvia para estos procesos, unos pocos cuentan con servicio público de acueducto y son los que no se encuentran en elevadas altitudes y otros pocos cuentan con bomba para el agua. En el verano casi no hay como echarles agua a los cultivos, se les dificulta más y por eso le tienen miedo a un verano largo. Actualmente los veranos son cortos pero intensos

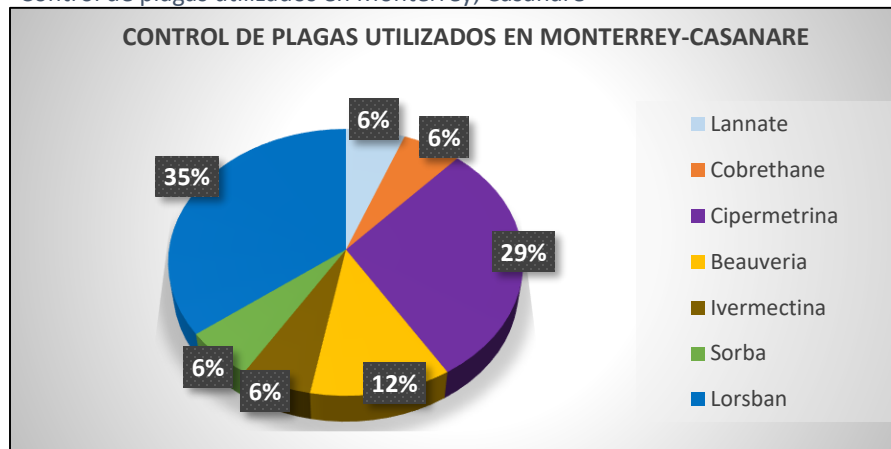
¿Ha tenido que cambiar la forma de abastecimiento de agua para sus cultivos, o siempre ha sido la misma?

18. Los productores no han cambiado la forma de abastecerse de agua para sus cultivos, a excepción de las fincas que fueron beneficiadas con la llegada del servicio público de acueducto.

¿Actualmente maneja algún tipo de control de plagas?

19. Con excepción del 5.45% (3 fincas cafeteras) que no utilizan control de plagas en las fincas cafeteras de Monterrey, la mayoría de estas 94.55% (52 fincas cafeteras) si los utilizan. Para controlar plagas nocivas como la Broca, Roya, Palomilla o Polilla, Hormigas, Minador, Langostas o Grillos, Piojo harinoso. Los controles de plaga más utilizados son Lorsban liquido (Insecticida), Lorsban granulado (Insecticida), Cipermetrina (Insecticida), Beauveria (Hongo insecticida), también utilizan, pero en menor medida Cobrethane (Fungicida), Lannate (Insecticida), Sorba (Insecticida), Ivermectina (Antiparasitario-Insecticida).

Figura 12
Control de plagas utilizados en Monterrey, Casanare



Nota: Esta figura muestra mediante una gráfica de pastel en porcentaje, cuales tipos de plagas se utilizan en las fincas cafeteras de Monterrey, Casanare- Colombia. Jiménez, N. 2021 *Control de plagas utilizados en Monterrey, Casanare* [Diagrama]. Elaboración propia. Excel 2016.

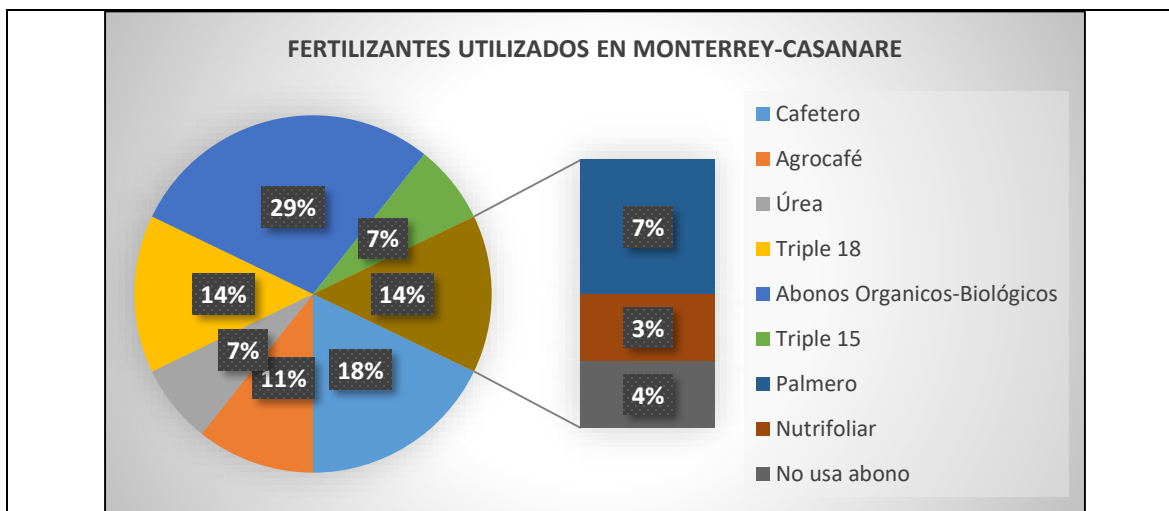
¿Los cultivos que usted ocupa, especialmente los de café, han presentado enfermedades?

20. Se presentan algunas enfermedades no avistadas hasta hace un par de años como la Llagu macana, Mancha de hierro, Ramo de puerco (maleza).

¿Utiliza fertilizantes en sus cultivos? ¿Cuáles? ¿Cada cuánto los usa?

21. Si bien hay 2 productores que no utilizan abonos porque las propiedades de la tierra son muy buenas, hay productores que necesitan utilizar abonos para una correcta producción, algunos de ellos utilizan abonos orgánicos-biológicos como el abono de gallinaza, pero los fertilizantes más usados son Triple 18, Cafetero, Triple 15, Agrocafé, Urea, Palmero, Nutrifoliar, en su respectivo orden. También utilizan el abono que se obtiene de la reutilización de los subproductos derivados de los procesos de producción del café, en donde estos al acumularlos y agregarles CAL, y en algunos casos estiércol de animales se convierten en un excelente abono orgánico. Algunos otros productores no realizan este proceso si no que dejan todos estos residuos encima de la materia orgánica.

Figura 13
Fertilizantes utilizados en Monterrey, Casanare



Nota: Esta figura muestra mediante una gráfica de pastel en porcentaje, los tipos de fertilizantes que se utilizan en las fincas cafeteras de Monterrey, Casanare- Colombia. Jiménez, N. 2021 *Fertilizantes utilizados en Monterrey, Casanare* [Diagrama]. Elaboración propia. Excel 2016.

¿Cómo ve el futuro del café?

22. Los productores de café están convencidos de que el futuro del café podría ser muy bueno porque la gente está muy comprometida y entusiasmada, siempre y cuando exista facilidad frente a los insumos y exista más atención por parte del gobierno, porque necesitan ayudas, resaltan mucho que todo les toca en mula porque no hay vías y que quieren seguir sembrando, pero lleva mucho gasto la limpieza y el mantenimiento. Algunos piensan en abstenerse de sembrar café por esos altos costos, y el bajo precio al que lo compran. El representante de ASOCAM dice que necesitan apoyo en lo que es fertilización y agrónomos que les puedan asesorar con el cultivo del café. Además, siente que es pertinente realizar un análisis del suelo para que se pueda fertilizar con mayor garantía

Por otra parte, varios caficultores piensan que están muy viejos, entonces se les van acabando las fuerzas para sembrar el café, les toca ir sembrando de a pocos (no hay recursos para pagarle a un obrero que cumpla esa función) y que los jóvenes no están muy interesados en cultivar café porque ven que pueden ganar más realizando otro tipo de profesiones y/o actividades, tanto que piensan en vender los predios.

¿Con que equipos o infraestructura cuenta para realizar los procesos de producción del café?

23. La mayoría de productores cuentan con pocos equipos manuales, con machete, algunos con guadaña, descerezadora manual (aprox. 10 cuentan con despulpadora a motor ECOMIL), tanques para lavar el café, para el secado cuentan con plásticos para el secado, mallas o lonas, algunos otros cuentan con secaderos pequeños, y para el almacenamiento es en lona.

Se encuentran en la necesidad de recibir ayuda con bombas para fumigar, descerezadoras y los plásticos para el secado que son costosos. Un productor de café le regalaron una máquina ECOMIL y no tiene como conectarla

¿Qué tipo de sistema es?

24. Todos los productores en Monterrey, Casanare utilizan arboles de sombrío



¿Ha tenido que sembrar más árboles de sombra para proteger su café en la última década?

25. Si bien es cierto que todos los productores de café de la región del piedemonte llanero de Monterrey, utilizan árboles de sombrero para proteger su café ellos saben que si dejan mucho sombrero este le afectara en su correcto crecimiento y desarrollo a los cafetos, últimamente han tenido que sembrar más árboles de sombrero debido a que han aumentado la extensión de sus cultivos

¿Tipo de árboles de sombra que utiliza?

26. Guamo es el árbol predominante para el sombrero del café en Monterrey, aparte de este se siembran Motilón, Carbonero, Guaney, árboles frutales, árboles maderables, y en pocas cantidades árbol de Chontaduro, árbol de Chirimoya, árbol de Borajó, Cedros, árbol de aguacates, Higuerón, Palma, Granadillos, Mamoncillos y Guanábanos

¿Ha implementado algún tipo de estrategia diferente a plantar árboles de sombra?

27. Los productores no han contemplado más estrategias agroforestales para implementar y favorecer a sus cultivos aparte de árboles de sombrero y en tres fincas una especie de cultivo escalonado

¿Tipo de terreno?

28. Si bien las fincas cafeteras están ubicadas en el piedemonte llanero, esto quiere decir que están sobre la cordillera oriental, en donde el terreno en las fincas cafeteras es de montaña en su mayoría ladera y en unas 4 o 5 fincas tienen zonas planas

¿Hay signos de erosión en el suelo?

29. El suelo de por sí tiene buenas propiedades en general en las fincas cafeteras del municipio de Monterrey, pero si hay lugares erosionados en ciertos potreros de las veredas Tierra Grata, Porvenir, Piñalera y Vettel según el testimonio de los productores de la región

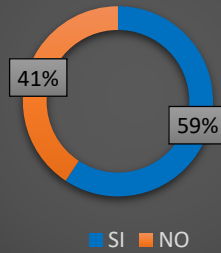
¿Ha habido deslizamientos de tierra?

30. Más de la mitad de los productores contestaron que si se han presentado deslizamientos en las veredas, pero cerca de las fincas más no en los predios como tal, a excepción de dos veredas: la vereda Guaneyes, donde al caficultor (Francisco Colmenares) se le presentó un deslizamiento el 19 sept de hace 5 años (2016) y le dañó 1500 matas de café, se han producido 6 derrumbes en esos 5 años y en la finca de él se hundió 5 metros, cada 1-2 años ocurre uno y así, también tiene sectores donde el cultivo de café esta normal donde no ha ocurrido nada. Y la vereda Porvenir, en donde al productor de café (Isaul Olarte) tenía una Ha de cacao, allí se corrió la tierra y no ha tocado ese lote, lo tiene abandonado

Figura 14

Percepción de los productores frente a la presencia de deslizamientos en Monterrey, Casanare

PERCEPCIÓN PRESENCIA DE DESLIZAMIENTOS EN MONTERREY-CASANARE



Nota: Esta figura muestra mediante una gráfica de pastel en porcentaje, la percepción de las familias productoras de café sobre la presencia de deslizamientos en Monterrey, Casanare-Colombia. Jiménez, N. 2021 *Percepción de los productores frente a la presencia de deslizamientos en Monterrey, Casanare* [Diagrama]. Elaboración propia. Excel 2016.

¿Hay alguna enfermedad o plaga que no haya visto antes en esta zona en la última década?

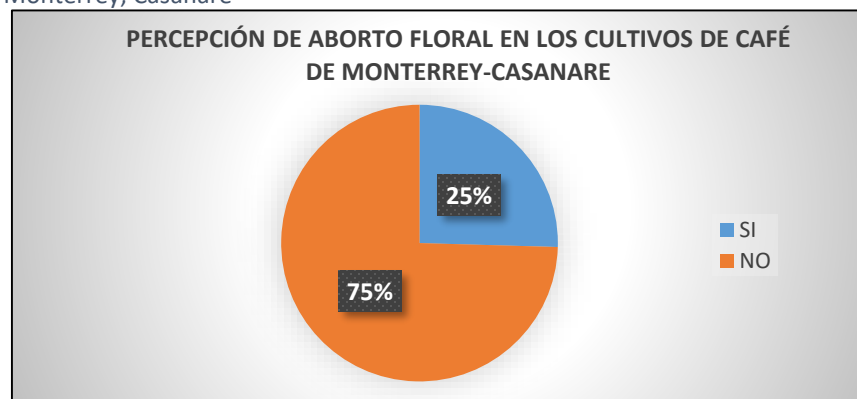
31. La mayoría de productores conocen las plagas más comunes que atacan a los cultivos pero otra cantidad más reducida de productores reconocen como nueva enfermedad la mancha de hierro y el ojo de gallo, también un productor hablo sobre las langostas o grillos que antes no había visto y se comen el pasto

¿Qué pasa con la floración del café? ¿Ha observado aborto floral?

32. No es la mayoría, pero si se ha presentado aborto florar sin razón alguna en unas pocas fincas, si se han dañado, y también está sucediendo en una finca que se le cae la hoja al árbol de sombrío encima del café y luego al café también se le cae. Otro caso en otra finca es que está floreciendo bonita pero no grana. Necesitan el agrónomo o extensionista para que les dé información.

Figura 15

Percepción de los productores frente al aborto floral en los cultivos de café en Monterrey, Casanare



Nota: Esta figura muestra mediante una gráfica de pastel en porcentaje, la percepción de las familias cafeteras sobre la presencia de aborto floral en los cultivos de café Monterrey, Casanare- Colombia. Jiménez, N. 2021 *Percepción de los productores frente al aborto floral en los cultivos de café en Monterrey, Casanare* [Diagrama]. Elaboración propia. Excel 2016.



¿Se observa daño en los árboles debido a condiciones climáticas extremas como granizo o viento?

33. La gran mayoría de los encuestados dice que el granizo y el viento no dañan a las plantas de café, sin embargo, si ha habido afectaciones, pero en los cultivos de maíz, se amarilla la mata. Otro productor dice que el viento tumba los gajos y los guamos. Un productor dice que se cayó mucha flor por mucha lluvia y viento y por eso ha afectado a la cosecha este año (2021). Otro caso es el de un productor donde las condiciones climáticas no afectan directamente al cultivo pero si a él y comenta que se le han quemado 3 transformadores debido a los rayos

¿Hay signos de marchitamiento o deficiencias nutricionales?

34. Los productores dicen que las fertilizadas a tiempo hacen que no suceda eso.

¿Qué edad tienen las parcelas de café?

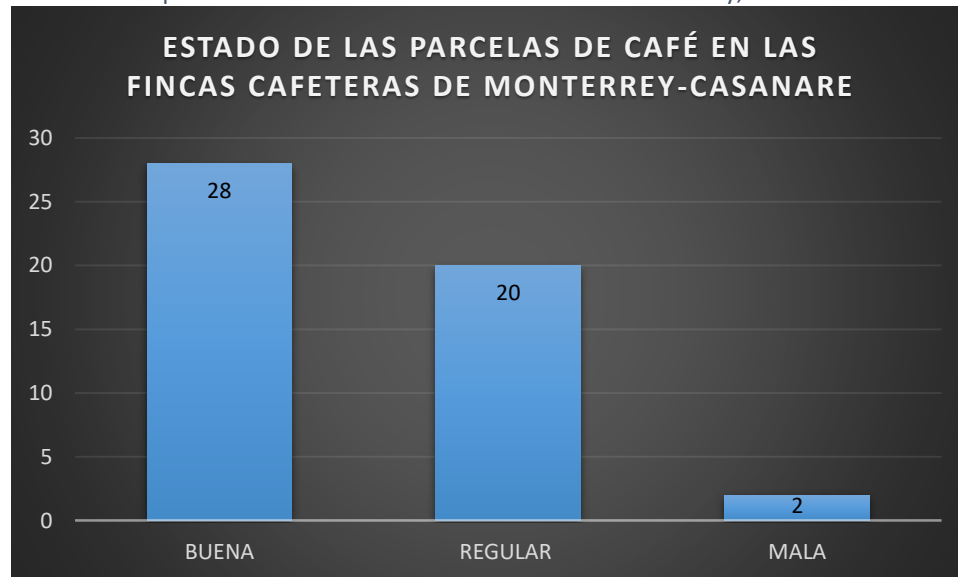
35. Los cultivos que actualmente están en Monterrey, Casanare poseen desde una edad mínima de 2 años a una máxima de 12 años (promedio de edades de cultivos 7-8 años). Alrededor de menos de la mitad de los productores realizan siembra escalonada que es parte de la siembra planificada, es decir, sembrar cierta cantidad de plantas en X Ha después de un tiempo determinado, así siempre habrá una constante producción. Sin embargo no son todos, ya que más de la mitad tienen una o más Ha con una sola siembra.

Estado de la parcela de café

36. 28 productores consideran que el estado de su parcela de café es bueno, 20 consideran que el estado de su parcela de café es regular y 2 consideran que el estado de su parcela de café es malo.

Figura 16

Estado de las parcelas de café en las fincas cafeteras de Monterrey, Casanare



Nota: Esta figura muestra mediante una gráfica de barras el estado de las parcelas de café en las fincas cafeteras de Monterrey, Casanare- Colombia. Jiménez, N. 2021 *Estado de las parcelas de café en las fincas cafeteras de Monterrey, Casanare* [Diagrama]. Elaboración propia. Excel 2016.

¿Hay algún tipo de cobertura o mulch para proteger el suelo ya sea en árboles o cultivos?

37. Los productores de café en Monterrey no utilizan mulch o mantillo (cobertura con propiedades orgánicas en el suelo) porque dicen que los suelos tienen muy buenas propiedades, las necesarias para que sus cultivos se mantengan bien

¿Hay buenas prácticas agrícolas que hacen que el sistema de producción sea más resiliente?

38. Los productores de café no saben que son las buenas prácticas agrícolas (BPA), sin embargo algunos productores realizan algunas BPA, como el control de plagas, preparación del suelo, fertilización, preparación del sustrato, manejo y mantenimiento de los cultivos en producción, muchos quieren capacitación y tienen la disposición de aceptarla

¿Cómo es el manejo de subproductos de la pulpa y el mucilago, donde los desechan?

39. La gran mayoría de productores reutilizan los subproductos de los procesos productivos del café los meten en un hueco o los apilan, le agregan y lo mezclan con CAL, y en algunos casos le meten materia orgánica animal. Todo esto durante meses da un buen abono para los cafetos. Por otro lado, algunos productores necesitan técnicos para que los asesoren, o capacitación de la reutilización de residuos, porque no saben reutilizarlos (para convertir en abono) y así aprovecharlos. Otra minoría de productores deja esos residuos orgánicos así tal cual en la tierra.

Figura 17

Manejo de los residuos sólidos orgánicos resultantes de los procesos de producción de café en Monterrey, Casanare



Nota: Esta figura muestra mediante una gráfica de pastel si en las fincas productoras de café se reutilizan o no los residuos orgánicos resultantes de los procesos de producción del café. Jiménez, N. 2021 *Manejo de los residuos sólidos orgánicos resultantes de los procesos de producción de café en Monterrey, Casanare* [Diagrama]. Elaboración propia. Excel 2016

¿Dónde se vierte el agua utilizada en el proceso, o como es este manejo de esos residuos líquidos?

40. La mayoría de productores realiza los vertimientos de estos residuos líquidos sobre el mismo suelo, la misma tierra en donde se encuentran los cultivos, algunos otros tienen servicio de alcantarillado y tienen la facilidad de verterlos por ahí, existen productores que dicen que esa agua es buena para los cultivos y que si la echan en la tierra no deja crecer la maleza, por ejemplo, está un productor que conoce al agua residual que sale de los procesos de producción del café como "aguas azucaradas". Estas "aguas azucaradas" las usa para regar sus cultivos de café dice que son abonos sumamente buenas y les ayuda, ya que no siempre tiene para abonar por los altos costos de los abonos, cada bulto de abono lo consigue por \$130 mil pesos y la carga sale por \$260 sin contar transporte

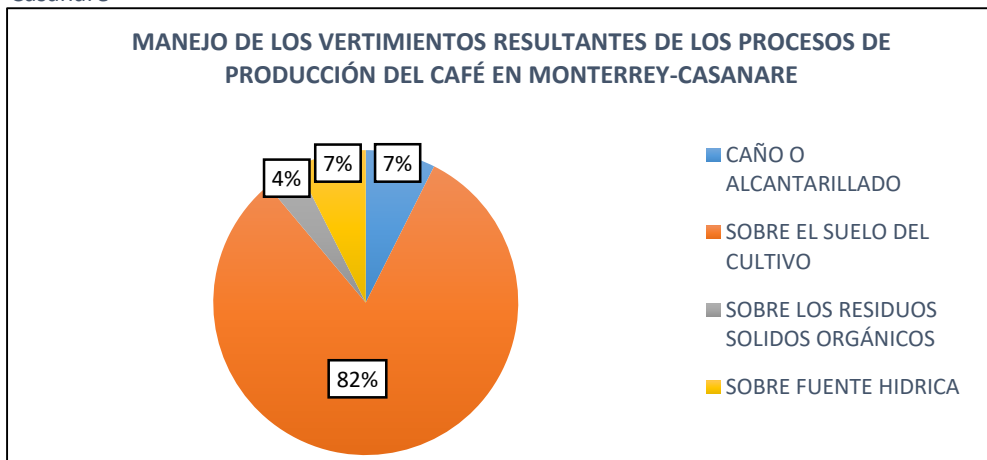
En caso de un único productor en su finca cafetera tiene la facilidad de realizar estos

vertimientos en una cañada donde llega el agua a una planta de tratamiento de una estación de bomberos, pero a veces la planta se daña y siguen derecho las condiciones del líquido vertido.

En muy pocas fincas se presentan vertimientos en fuentes hídricas, sin embargo, es un aspecto a considerar ya que estos pueden alterar las propiedades del agua.

Figura 18

Manejo de los vertimientos resultantes de los procesos de producción del café en Monterrey, Casanare



Nota: Esta figura muestra mediante una gráfica de pastel, el manejo de los vertimientos, es decir, si en las fincas productoras de café se reutilizan o no los residuos líquidos resultantes de los procesos de producción del café y donde son vertidos. Jiménez, N. 2021 *Manejo de los vertimientos resultantes de los procesos de producción del café en Monterrey, Casanare* [Diagrama]. Elaboración propia. Excel 2016.

Nota: Resultados generales de las encuestas telefónicas realizadas a los productores de café en el municipio de Monterrey, Casanare. Elaboración propia (2021).

Las familias cafeteras aportan beneficios económicos importantes a la región, y representan una de las fuentes de sostenimiento más sólidas de las familias del municipio, al consultar a los caficultores del municipio se encontró varias problemáticas que en general se pueden atribuir a la región debido a que se repiten en la mayoría de casos, según el testimonio de los productores existe la ausencia de vías terciarias o secundarias para sacar sus producciones con más facilidad o la dificultad para disponer residuos de agroquímicos que terminan en el alcantarillado municipal o en el suelo, lo cual a mediano y largo plazo deteriora las condiciones del suelo haciéndole perder sus condiciones de acidez (fundamentales para un buen café) y del alcantarillado municipal poniendo en riesgo la salud pública. Para sacar el café en costales a muchos les toca en animales como burro o mula, por lo difícil que es transportarse desde y hacia las fincas en donde están los cultivos, a muchos les toca hacer varios viajes debido al tamaño de la producción en la cosecha y en algunos casos, no pueden sacar toda la producción incurriendo a pérdidas del producto y por ende económicas.

Por otra parte, existen dificultades con respecto al proceso productivo como es la etapa de mantenimiento del cultivo mientras llega la cosecha, algunos productores utilizan únicamente abono, pero la mayoría fertilizantes como cafetero y triple 18



además en general las lluvias constantes hacen más complicado el proceso de secado para aquellas fincas que no tiene secador, porque en caso de presentar humedad en el grano se disminuye en gran medida la calidad del café. Con respecto a las condiciones climáticas y la percepción de las personas esperarían no tener lluvias o un invierno prolongado durante los próximos años, aunque algunas personas afirman también temer de un verano muy largo debido a que los sistemas de riego son limitados en muchas fincas y dependen de las precipitaciones para el riego de los cultivos, evidenciando que no están preparados para las cambiantes y extremas condiciones meteorológicas y el aumento global de la temperatura debido al cambio climático. También, en las fincas con mayor altitud se presenta un fenómeno conocido como heladas, las cual tienden a quemar las matas de café y pueden dañar los cultivos, si bien no todos presentan este problema, son unos pocos que requieren ayuda con este tema.

Es verdad que existe la presencia de agrónomos o ingenieros que han brindado atención a los productores de café de la región en ciertas circunstancias. Sin embargo, esta atención no es continua y en su mayoría los productores han sentido desconexión por parte del gobierno, debido a que no existe algún seguimiento de un experto o alguien que les enseñe o los capacite acerca de temas necesarios sobre control plagas, gestión de riesgos y desastres, reutilización de residuos, buenas prácticas agrícolas, cambio climático etc.

Según los testimonios de los productores y funcionarios de la alcaldía, se entregaron alrededor de 15 máquinas ECOMIL a 15 productores de café esto fue producto de una mesa de trabajo donde hubo un convenio por parte de la gobernación y los alcaldes. Estas máquinas son despulpadoras a motor que realizan más de un proceso productivo, pero consume energía eléctrica, debido a que funciona con motor y para su uso se necesita que los productores cuenten con servicio de luz. Para la alcaldía, se recomienda que al hacer listas de beneficiarios se tenga en cuenta que todos los productores a los que se les entreguen maquinas a motor cuenten con servicio de luz, dado que, según la información otorgada por parte de los productores, uno de ellos no contaba con este servicio en la finca y le toca después de recoger la cosecha movilizarla a otro sitio donde tiene el ECOMIL porque ahí si tiene servicio de luz y allí realiza el resto de procesos. Cabe destacar que otros productores fueron beneficiados con máquinas manuales y otros están aún pendientes.

5.2 Diagnóstico

Con el fin de conocer el proceso productivo del café y los aspectos ambientales derivados de él se establecen según estudios realizados por (Osorio, 2019) las cantidades de contaminantes resultantes del proceso producción de café en Colombia, a continuación, se exponen los resultados de residuo por proceso, para la producción de un gramo de un kilogramo de café:



Tabla 3

Cantidad de residuos en proceso productivo del café

Proceso	Perdida en gramos	Residuo obtenido
Despulpado	394	Cáscara
Desmucilaginado	216	Mucílago
Trilla	35	Pergamino
Secado	171	Agua
Torrefacción	22	Volátiles
Preparación Bebida	104	Borra (cuncho)
Pérdida acumulada	942	

Nota: Cantidad de pérdidas en gramos por proceso productivo, junto al residuo obtenido de cada proceso. Obtenido de (Osorio, 2019).

Así pues, se identificó uno de los aspectos ambientales más importantes y significativos en el proceso productivo del café, como es la generación de residuos sólidos orgánicos derivados del grano original del café el cual es tratado para obtener el producto deseado. Según los datos recogidos en las encuestas que se realizaron a las familias productoras, la mayoría de estos residuos no tienen tratamiento alguno, y son producidos en mayor cantidad debido a la poca tecnificación que existe en las fincas cafeteras del municipio lo cual favorece la generación de grandes volúmenes de residuos sólidos, los cuales en su mayoría terminan contaminando las fuentes hídricas de la región y sobrecargando el sistema público sanitario del municipio.

Análisis del suelo

La erosión del suelo derivada de los monocultivos y el uso prolongado de agroquímicos constituye también un aspecto ambiental a tratar, debido a que el cambio climático determina la capacidad de recuperación del suelo y por lo tanto la estabilidad en el volumen productivo de la región, el cual depende en gran medida de la calidad del suelo. Por otra parte, según los datos recogidos de las encuestas, los lugares en donde más se han presentado deslizamientos de tierra, han sido zonas donde no se presenta un buen drenaje de los suelos, debido al suelo erosionado, el suelo se puede desgastar por acción de varios factores como variaciones drásticas de temperatura, gases, vientos (para prevenir el factor viento podría realizarse una campaña de reforestación planificada), vertimientos u otros factores como pendientes de los suelos con un gran ángulo de inclinación y acción de la gravedad. Se encontraron también una serie de malas prácticas con respecto al uso del agua y de agroquímicos, estos pueden derivar en afectaciones graves para la salud ambiental y de las personas que trabajan en las fincas cafeteras, y una posterior sobreutilización del recurso hídrico que podría poner en peligro a productividad de la región.



Analizando la información obtenida de las encuestas telefónicas realizadas y la información recolectada en la literatura, teniendo en cuenta que los suelos del Departamento de Casanare, se caracterizan por mantener altos contenidos de humedad según el (Consejo Departamental de Gestión del Riesgo de Desastres, 2012), relacionándolo con los datos del IDEAM sobre el % de humedad relativa de Monterrey que es del 82% en época de invierno, que según (Sadeghian Khalajabadi, 2016) de la FNC y (Pedraza & Pichimata, s/f) dicen que el pH del suelo de la zona rural de Monterrey es ácido y en algunas veredas muy ácido (aspecto importante a tratar), que presenta buena cantidad de nutrientes y que es un tipo de suelo franco según (Pedraza & Pichimata, s/f). Podemos concluir que el suelo del piedemonte llanero óptimo para la agricultura lo cual lo hace convertirse en potencia para producir un café de muy buena calidad. Sin embargo, teniendo en cuenta que más de la mitad (59%) de los productores distribuidos en las 55 fincas cafeteras afirman la presencia de deslizamientos de tierra en zonas cercanas a los predios y que algunos productores han presenciado zonas erosionadas en las veredas, es un impacto importante a tener en cuenta. Considerando que, según el IDEAM y los productores, los vientos no han aumentado su velocidad y no se han visto intensificados, como por ejemplo si lo han hecho la temperatura y precipitación. Según (Pedraza & Pichimata, s/f) la mayoría de esta erosión es causada por escorrentía superficial y reptación, cosa que tiene sentido al ver los datos de vientos y que el mayor causante de erosión es la precipitación, Esto nos permite clasificar la erosión que se presenta allí en Monterrey como Erosión Hídrica de grado Ligera (Considerada así cuando se presenta alguna evidencia de pérdida de suelo en los horizontes superficiales del suelo, por escurrimiento superficial. En varias ocasiones la capa de suelo se adelgaza uniformemente y la pérdida del suelo puede llegar hasta un 25 o 50% del horizonte A, según su espesor. Las funciones y los servicios originales de los suelos comienzan a disminuir y se encuentran poco alterados. Se requiere iniciar o mantener las prácticas de conservación, restauración y manejo de suelos) según la clasificación de la erosión por tipo, grado y clase, Según (Manuel et al., 2015) en el Estudio Nacional de Degradación de Suelo por Erosión en Colombia (p.18-19)

5.2.1 Proyecciones

Al tratarse de un sistema con gran volumen productivo como es el sector cafetero de Monterrey, es necesario estimar la oferta y demanda hídrica del lugar en este caso con respecto a las precipitaciones y temperaturas que se van a presentar durante los próximos 10 años, debido a que ambas variables climáticas definen en gran medida la dinámica hídrica de la región, así como la evapotranspiración presentada y por tanto el requerimiento hídrico de los cultivos.

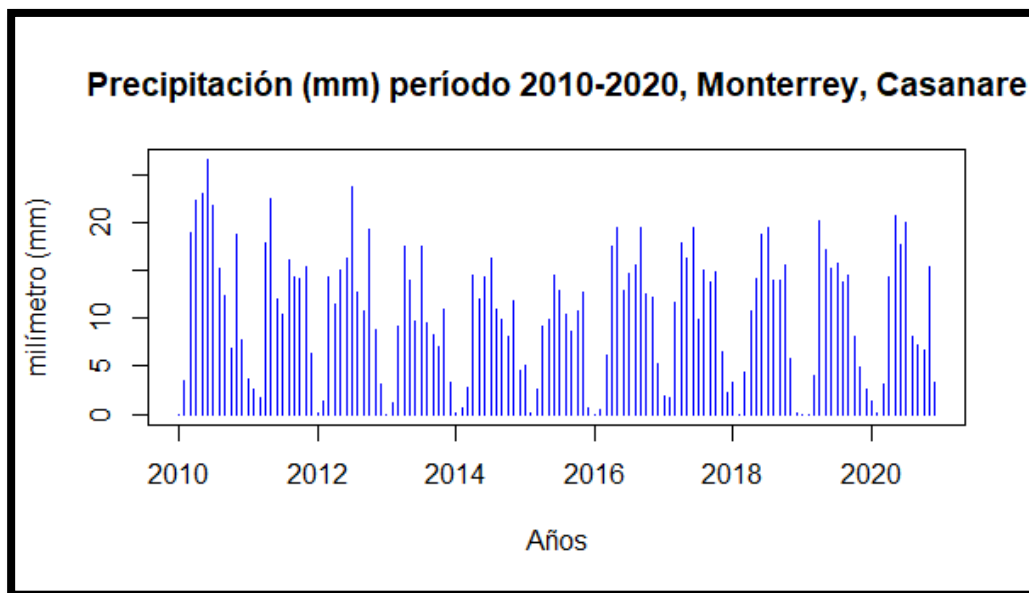
Se emplearon proyecciones climáticas de ambas variables, teniendo en cuenta inicialmente un panorama de los 10 años anteriores, es decir entre los años 2010-2020, para conocer cuál ha sido la dinámica reciente de estas variables, y cuál es el estado actual en el que ellas inciden sobre los cultivos, para así recrear un panorama general sobre el cual se estiman las proyecciones de ambas variables para los próximos 10 años, es decir entre los años 2020 y 2030, constituyendo así



un pronóstico climático científico que permite conocer las dinámicas climáticas que van a incidir en la región en los próximos años, para con respecto a ellas formular las respectivas medidas de manejo ambiental. A continuación, se presentan los resultados estimados para ambas variables entre los años 2010, y 2020. Principalmente se buscó la información disponible y se encontró que para las variables de precipitación y temperatura (que fueron las que se tuvieron en cuenta debido a que eran las variables más representativas y que más influían sobre los cultivos de café según la información disponible) existía la base completa de datos para 10 años y al haber información limitada aumentaba el sesgo de error de la proyección si se contemplaban más años.

Figura 19

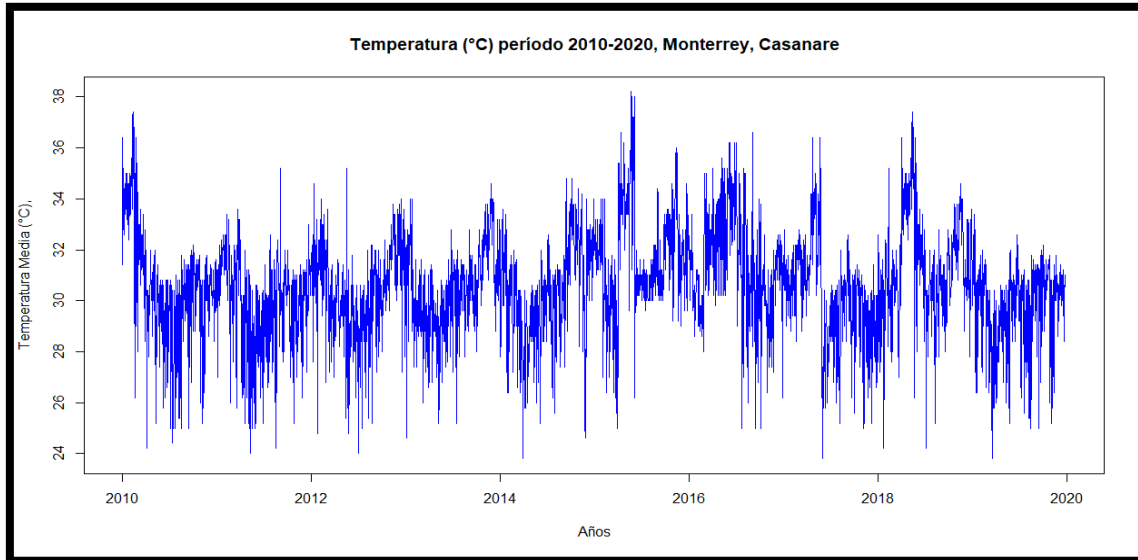
Retrospección Precipitación 2010-2020



Nota: Esta figura muestra la cantidad de agua en mm por mes entre los años 2010 – 2020 con información pluviométrica obtenida del IDEAM. Jiménez, N. 2021. *Retrospección Precipitación 2010-2020* [Diagrama]. Elaboración propia. Software RStudio.

Figura 20

Retrospección Temperatura 2010-2020



Nota: Esta figura muestra la temperatura en C° por mes entre los años 2010 – 2020 con información climática obtenida del IDEAM. Jiménez, N. 2021. *Retrospección Temperatura 2010-2020* [Diagrama]. Elaboración propia. Software RStudio.

Al analizar la proyección se encontraron en general precipitaciones muy altas que durante la mayoría de meses del año superan los 10 mm disminuyendo durante la última parte del año, se encontró que hubo una disminución entre los años 2014 y 2016 de las precipitaciones, Por otro lado, la temperatura se encuentra entre los 24 y 38°C. Según la FNC, se requieren condiciones ideales de 1800 horas de sol al año y una precipitación anual de entre 1500 mm y 2000 mm, lo cual nos indica que por las características de la región del Piedemonte llanero donde se encuentra el municipio de Monterrey, son más favorables los meses donde aumenta la temperatura, porque esta acelera el proceso de evaporación atenuando así las lluvias, como son los meses entre marzo y julio.

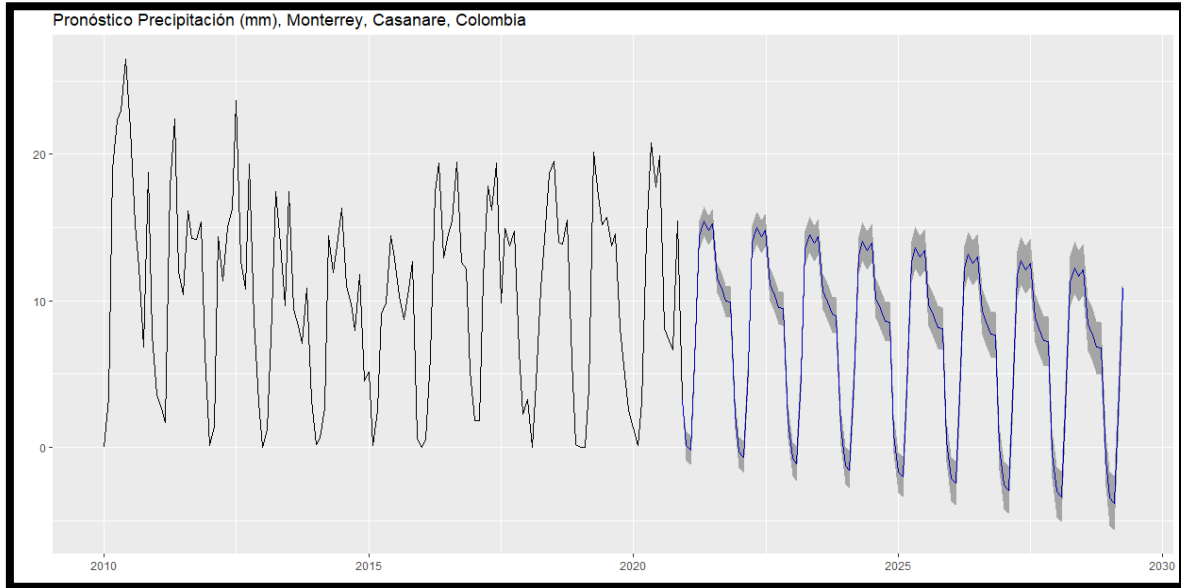
Por lo tanto, resumimos el panorama climático de la región con respecto a los requerimientos para los cultivos de café, en una región que debe manejar la exposición del cultivo a las lluvias y a la exposición de horas de brillo solar, la cual según la FNC es ideal alrededor de 1800 horas al año. Según el IDEAM la región posee un promedio diario entre 6 y 7 horas de brillo solar al día, con lo cual al año se recibirían 2372,5 horas al año, motivos por el cual se recomiendan cultivos a la sombra para proteger las plantas de las prolongadas lluvias y horas de brillo solar. A continuación, se presentan las proyecciones climáticas de las variables precipitación y temperatura, las cuales según la información primaria recolectada de las encuestas y la revisión bibliográfica son las que más influyen en la producción de los cultivos en esta zona del país. Las proyecciones para los próximos 10 años se realizaron por medio del programa RStudio, mediante el paquete ARIMA a partir del ordenamiento cronológico de la información climática y pluviométrica obtenida del IDEAM, seguidamente se hizo el ajuste del modelo mediante la obtención de los coeficientes de determinación seleccionando el mejor modelo candidato para realizar los pronósticos de los



valores futuros, las cuales serán un insumo fundamental para la formulación de estrategias a mediano y largo plazo.

Figura 21

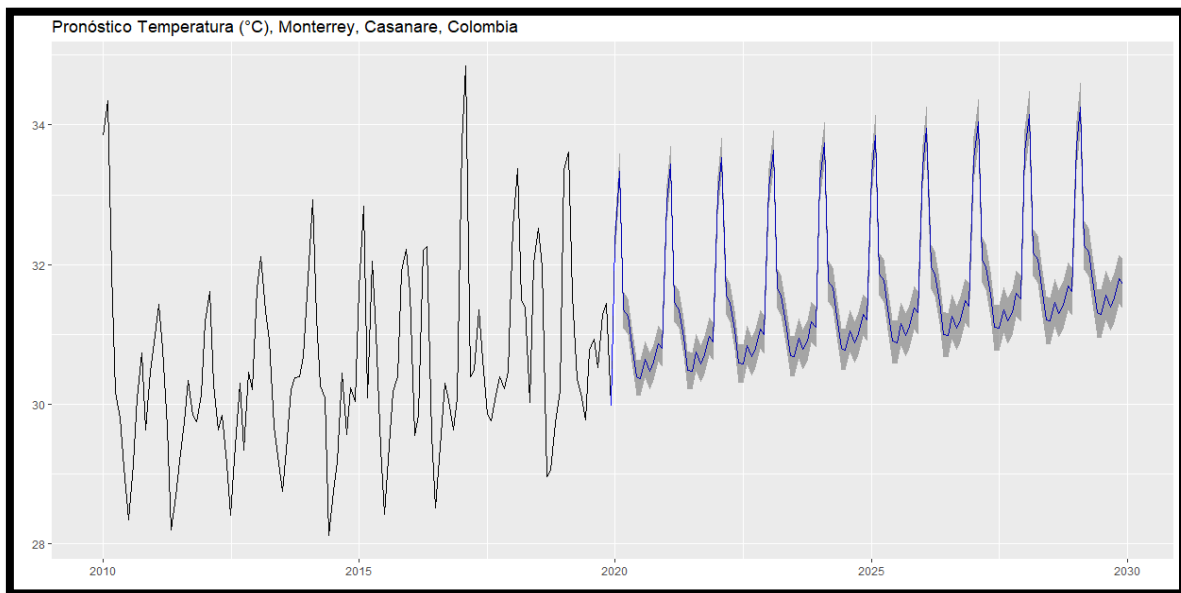
Proyección de las Precipitaciones 2022-2030



Nota: Esta figura muestra una proyección pluviométrica en donde se evidencia un pronóstico de precipitación en mm de cómo será el comportamiento de las lluvias en los años 2022-2030 basándose en la información pluviométrica disponible obtenida del IDEAM. Jiménez, N. 2021. *Proyección de las Precipitaciones 2022-2030* [Diagrama]. Elaboración propia. Software RStudio.

Figura 22

Proyección de la Temperatura 2020-2030



Nota: Esta figura muestra una proyección climática en donde se evidencia un pronóstico de temperatura en C° de cómo será su comportamiento en Monterrey, Casanare entre los años 2020-2030, basándose en la información climática



disponible obtenida del IDEAM. Jiménez, N. 2021. *Proyección de la Temperatura 2020-2030* [Diagrama]. Elaboración propia. Software RStudio.

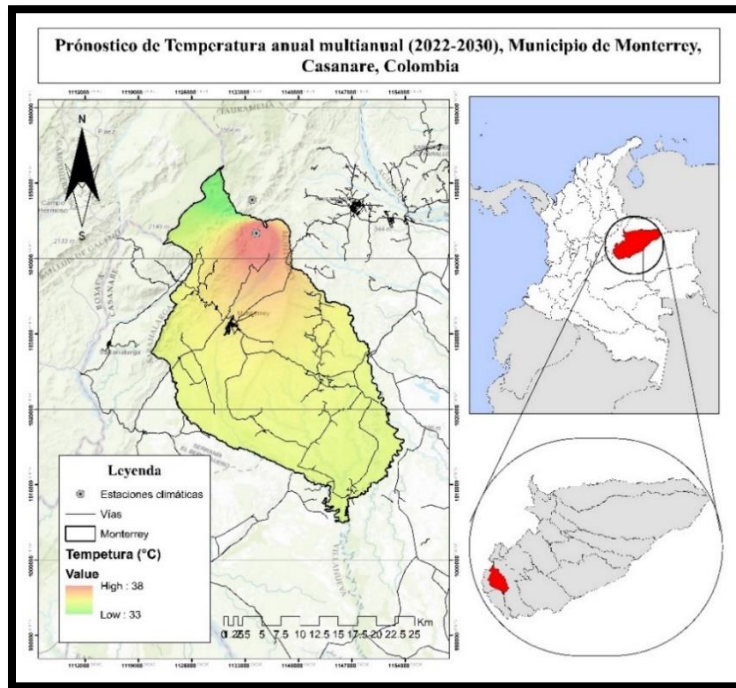
Al formular las proyecciones para los próximos 10 años se encontró un panorama climático que en general a simple vista es favorable. Principalmente se iban a realizar las proyecciones hasta el año 2050, pero si la proyección seguía haciéndose hasta el 2050 ya el modelo daba mucho error, porque como es solamente información climática y no existe un presunto escenario como tal de cambio climático que modifique fuertemente los patrones, va a seguir dando lo mismo y la tendencia va a ser la misma, por ejemplo, en el caso de la precipitación va a ir bajando, es decir la tendencia es que las lluvias van a ir disminuyendo y la lógica tiene coherencia con la proyección, porque si la temperatura aumenta lo lógico es que las lluvias disminuyan, y al ver la gráfica de temperatura efectivamente se evidencia que esta va a incrementarse en los próximos 10 años.

Si se consideran las condiciones anteriores y actuales, se evidencia una disminución en las altas precipitaciones que se acercan más a una condición ideal para el café de alta calidad, lastimosamente no todos los productores cuentan con sistemas de riego, entonces estos se podrán ver afectados, además de haber un aumento en la temperatura promedio. Estas altas temperaturas favorecen los procesos de evaporación que limitan la cantidad de agua en el suelo, por lo tanto, si es verdad que disminuirá la probabilidad de riesgo de desastre con respecto a deslizamientos de tierra en suelos con buenos nutrientes y buena filtración en su capa orgánica, pero el caudal de las aguas superficiales se verá reducido y esto influiría en los procesos de producción del café como el lavado, dado que varios productores se encuentran en niveles de gran altitud y como solución recurren a intervenir estas fuentes lóxicas para abastecer a sus cultivos. Respecto al brillo solar se puede controlar con cultivos bajo la sombra como se está utilizando actualmente, pero se debe tener en cuenta que el abuso del sombrero en los cultivos afecta el desarrollo de la planta y por ende disminuiría la productividad.

Las estaciones que se usaron en las proyecciones fueron:

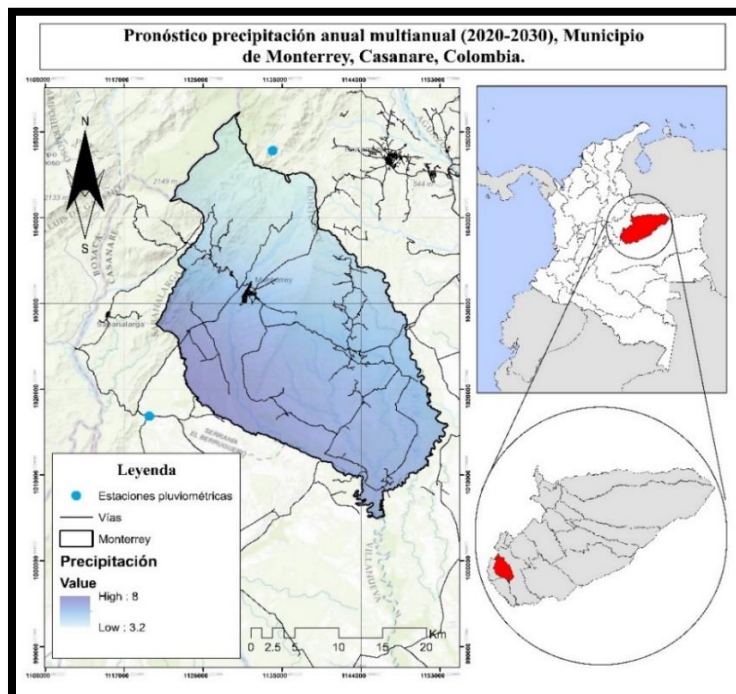
Tauramena 35195020 (Climática), La Pradera 35180010 (Pluviométrica) y Don Antonio 3509011 (Pluviométrica). Teniendo en cuenta los promedios multianuales y en base a estos se realizaron las interpolaciones. Información sacada del IDEAM.

Figura 23
Mapa temperatura 2022-2030



Nota: Esta figura muestra una proyección climática en donde se evidencia como será el comportamiento de la temperatura en Monterrey, Casanare entre los años 2022-2030, basándose en la información climática disponible obtenida del IDEAM. Jiménez, N. 2021. *Mapa temperatura 2022-2030* [Diagrama]. Elaboración propia. Software RStudio.

Figura 24
Mapa precipitación 2020-2030





Nota: Esta figura muestra una proyección climática en donde se evidencia cómo será el comportamiento de las lluvias en Monterrey, Casanare entre los años 2020-2030, basándose en la información pluviométrica disponible obtenida del IDEAM. Jiménez, N. 2021. *Mapa precipitación 2020-2030* [Diagrama]. Elaboración propia. Software RStudio.

La elaboración de ambos mapas se realizó a partir de los shapes que fueron sacados del marco geo estadístico del DANE, como análisis de las proyecciones al año 2030 de las variables de precipitación y temperatura, se puede no solo estimar la magnitud de ambas variables climáticas, sino observar su influencia a lo largo de la región y evidenciar la diferente incidencia que las variaciones en ambas condiciones van a afectar en cada parte de la región y por lo tanto afectará de manera diferente a cada finca. Se concluyó que las fincas ubicadas en el área norte de la región van a tener unas temperaturas más altas y unas precipitaciones menores que las del promedio de la región, siendo esta una condición favorable respecto al desarrollo fisiológico de la planta de café. Sin embargo, se puede presentar una afectación respecto a la disponibilidad de agua en m³, en relación con los requerimientos de los cultivos. Si se incrementa la temperatura y disminuye la precipitación el caudal del río o la quebrada disminuye y así el volumen que se saca para el proceso de lavado afectando el proceso de producción del café. Así mismo, en el área sur y suroccidental del municipio van a tener condiciones de mayor humedad y menor temperatura para lo cual se recomiendan otro tipo de adaptaciones a los cultivos, en especial en los meses cálidos del año, que ayuden a dar un mejor manejo a los recursos hídricos y eléctricos, se propone que el consumo de agua en el beneficio sea moderado debido a que las condiciones naturales van a favorecer el usar menos agua, dado que es un aspecto ambiental significativo el amenazar la oferta natural disponible. Esto se puede mitigar al implementar el beneficio ecológico con manejo de subproductos acompañado de un óptimo funcionamiento de los equipos utilizados. Por otro lado, el consumo de electricidad en el proceso de despulpado para las fincas que cuentan con este recurso, es un aspecto ambiental que requiere acción a mediano plazo.

En las fincas es común el secado del café al sol en vista de que muchos no cuentan con secadores, debería ser necesario cubrir bien el café cuando va a llover o no realizar este proceso sin supervisión debido a que el café si se moja él puede humedecer en el proceso de secado y esto altera tanto la calidad del fruto como la duración del proceso, también se recomienda apagar los motores y luces en periodos de no uso. Son medidas que pueden ayudar a mitigar el consumo de energía.

5.3 Evaluación de puntos críticos e impactos ambientales

A partir de la bibliografía consultada, las encuesta y visitas realizadas al municipio se establecen los aspectos ambientales más significativos derivados del proceso productivo del café, y que por lo tanto constituyen un punto crítico ambiental en el proceso productivo del café. Según (Osorio, 2019) y los testimonios de los



productores el municipio, se presentan en cultivos de café en áreas del piedemonte llanero los siguientes impactos ambientales:

- Deforestación: es la tala de bosques, en este caso para la extensión de la frontera agrícola básicamente para cultivar café, puede causar aumento en caudales, disminuye la retención hídrica por parte de la cubierta vegetal, afecta la recarga de acuíferos, aumenta la probabilidad de deslizamientos de tierra y la erosión.
- Pérdida de biodiversidad: los monocultivos pueden llevar a pérdida de hábitat y una reducción de la biodiversidad de insectos, animales y plantas. El efecto borde produce y fragmentación ecológica de ecosistemas que afectan los procesos naturales de las especies como reproducción e interacción disminuyendo la diversidad biológica por especies y por comunidades. De igual forma, los agroquímicos usados en los cultivos, como fertilizantes, plaguicidas, insecticidas, fungicidas, entre otros, contribuyen a la pérdida de comunidades de microinvertebrados (estos microinvertebrados sirven como indicadores del suelo y aportan a las cadenas tróficas)
- Erosión del suelo: las áreas montañosas se constituyen como áreas frágiles, al sembrar un monocultivo como el café el suelo se deteriora y puede causar deslizamientos de tierra más aún en esta zona que posee una morfología parcialmente inclinada.
- Deterioro del suelo: las fumigaciones con herbicida destruyen la microbiología del suelo aumentando su acidez, y tornándose improductivos con el tiempo, esto afecta la economía del caficultor y el medio ambiente, también conlleva a la tala de bosques en la búsqueda de nuevas tierras para el cultivo.
- Contaminación agroquímica: El uso de agroquímicos no solo contamina el suelo, el aire y las fuentes hídricas, sino que también afecta la salud de las personas que hacen uso de estos compuestos, en todas las fincas no hay un sitio disponible para el manejo de los agroquímicos y para el lavado de las personas que los usen
- Reducción del recurso hídrico: en el beneficio tradicional del café el uso del agua es excesivo se emplean entre 21 y 25 litros de agua para el beneficio de un kilo de café, este recurso se va agotando por el abuso en el proceso de lavado. Afecta la oferta del recurso hídrico superficial y subterráneo además de la recarga natural en periodos de estiaje.
- Alteración de los parámetros fisicoquímicos de las fuentes hídricas superficiales: como es una zona de cultivos por acción de la escorrentía terminan llegando a las fuentes hídricas, aumentando DQO, DBO, aumento de la turbiedad por arrastre de sedimentos que pueden afectar el color, presencia de nitrógeno y fósforo en el agua, al alterar eso si el agua quiere ser utilizada se está obligado a que realice un pre-tratamiento.
- Afectación de la flora y fauna acuática: el mucílago del café y la pulpa contienen grandes cantidades de nitrógeno y fósforo, que al ser depositados en las fuentes hídricas minimizan la demanda de oxígeno y crea eutrofización afecta el crecimiento y desarrollo natural de la hidrobiota de la fuente, creando un ambiente inhabitable para las especies acuáticas. (Londoño, 2017).



Por otra parte gracias las encuestas realizadas y a la comunicación con los productores se lograron identificar los siguientes impactos ambientales más significativos, específicamente derivados de los procesos realizados en las diferentes fincas, donde se tiene poco conocimiento sobre el uso correcto de agroquímicos y pesticidas, además que no se cuenta con herramientas administrativas para controlar la producción y gestionar los cultivos según una proyecciones económicas y empresariales consecuentes con las condiciones de cada finca.

El objetivo de la siguiente evaluación es identificar los aspectos ambientales más influyentes, y con respecto a ellos valorar la posible afectación sobre el cambio climático que pueden tener los impactos ambientales que se presentan durante el proceso productivo, entre las etapas de preparación del terreno hasta la obtención del producto final, se realiza la valoración conforme a los aspectos ambientales presentes en las fincas y la información obtenida en las encuestas, a partir de la cual se formulan los pasos del proceso que en general llevan a cabo los productores de Monterrey.

Indicadores y criterios de evaluación de impacto ambiental

- Fuerza relativa de un olor.

Tabla 4

Criterios de evaluación para fuerza relativa de un olor

Clase	Indicadores
0	Sin olor. Apenas reconocible
1	Olor ligero
2	Olor moderado
3	Olor fuerte

Nota: Criterio de evaluación para clasificar el nivel de un olor, dividido por indicador. Obtenido de American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers (ASHRAE).

- Indicadores de erosión a nivel de campo.

Tabla 5

Criterios de evaluación para erosión

Clase	Indicadores
Natural (1 mg/Ha)	Ninguna evidencia superficial de erosión; terreno protegido por cubierta vegetal (90-100%); muy baja concentración de sedimentos en la escorrentía; escorrentía clara.
Muy ligera (1-2 mg/Ha)	Ninguna evidencia superficial de erosión; terreno protegido por cubierta vegetal (70-90%); muy baja concentración de sedimentos en la escorrentía.
Ligera (2-5 mg/Ha)	Algo de encostramiento superficial; canalículos espaciados cada 50-100m; 30- 70% de cobertura vegetal; riesgo ligero de polución si la escorrentía descarga directamente a los cuerpos de agua.



Moderada (5-10 mg/Ha)	Evidencia de lavado superficial; canaliculos espaciados cada 20-50; raíces de los arboles expuestas, marcan el nivel de la superficie original del suelo; encostramiento superficial ligero a moderado; 30-70% de cobertura vegetal; riesgo de polución y sedimentación aguas abajo.
Alta (10-50 mg/Ha)	Red continua de canaliculos espaciados cada 5-10 m o cárcavas profundas cada 50-100 m; encostramiento superficial extenso.
Severa (50-100 mg/Ha)	Terreno ,arcado por red continua de canaliculos espaciados cada 2-5 m o cárcavas cada 20m; sedientos principalmente de material grueso, suelo desudo; limo en los cuerpos de agua; daño a caminos por erosión y sedimentación; riesgo de flujo de barro.
Muy severa (100-500 mg/Ha)	Terreno muy marcado por red continua de canaliculos con cárcavas cada 5- 10m; fuerte encostramiento; suelo desnudo; severa saltación; problemas de polución, inundación y eutrofización aguas abajo.
Catastrófica (> 500 mg/Ha)	Red extensa de canaliculos y cárcavas; cárcavas grandes (>100m ²) cada 20m; gran parte de horizontes superficiales han sido removidos; severo daño por erosión, polución, inundación y sedimentación aguas abajo.

Nota: Criterio de evaluación para clasificar el nivel de erosión de un suelo. Obtenido de American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers (ASHRAE).

- Indicadores de evaluación de categorías de impacto ambiental

Tabla 6

Criterios de evaluación para categorías de impacto ambiental

Criterio	Descripción	Rangos
Intensidad (In)	Grado de destrucción del factor considerado, independientemente de la extensión afectada	Baja/mínima: 1
		Media: 2
		Alta: 4
		Muy alta: 8
		Total: 12
Extensión (Ex)	Fracción del medio afectada por la acción	Puntual:1
		Parcial: 2
		Amplio/Extenso: 4
		Crítico: +4
		Total: 8
Momento (Mo)	Tiempo que transcurre entre la acción y el efecto	Largo plazo (>10 años): 1
		Medio plazo (1-10 años): 2
		Corto plazo (<1 año): 3
		Inmediato: 4
Persistencia (Pe)	Tiempo que permanecería el efecto desde su aparición a partir del cual el factor afectado retornaría a las condiciones iniciales previas la acción	Momentáneo:1
		Temporal (1-10 años):2
		Persistente: (11-15 años):3
		Permanente (>15 años): 4
Reversibilidad (Rv)	Posibilidad de reconstrucción del factor afectado de retornar a las condiciones	Corto plazo: 1
		Medio: 2



	iniciales previas a la acción por medios naturales	Largo: 3
		Irreversible: 4
Sinergia (Si)	Acción de 2 o más causas cuyo efecto es superior a la suma de los efectos individuales	Sin sinergismo/sinergismo simple: 1
		Sinergismo moderado: 2
		Muy sinérgico: 3
Acumulación (Ac)	Cuando una acción al prolongarse en el tiempo incrementa progresivamente la magnitud del efecto	Simple: 1
		Acumulativo: 4
Efecto (Ef)	Relación causa-efecto	Indirecto: 1
		Directo: 4
Periodicidad (Pr)	Regularidad de manifestación del impacto	Irregular: 1
		Periódico/regularidad intermitente: 2
		Continuo: 4
Recuperabilidad (Mc)	Posibilidad de retornar a las condiciones iniciales por medio de intervención humana mediante medidas correctoras y restauradoras	Irrecuperable (<15 años): 8
		Mitigable/ sustituible/ Compensable: 4
		Recuperable a largo plazo: 4
		A mediano plazo: 3
		A corto plazo: 2
		Inmediato: 1

Nota: Criterio de evaluación para clasificar en diferentes categorías a los distintos impactos ambientales presentes en la zona de estudio. Obtenido de (Stocking & Murnaghan, 2000)

5.4 Evaluación de impactos ambientales

En el anexo B de este documento se presenta la matriz de impactos identificados derivados del proceso productivo, influyendo las fases de alistamiento y mantenimiento de cultivo, los procesos de beneficio es decir los que extraen la materia prima, y los impactos socioeconómicos que según las condiciones del municipio inciden en mayor medida en el bienestar de la comunidad y el ecosistema, la valoración se mide en magnitudes de 0 a 40, considerando irrelevantes aquellos con puntuaciones menores al 50%, moderadas entre el 50 y 75%, y altos entre 75% y 100%, en referencia a los puntajes estimados para cada impacto.

La evaluación de impactos ambientales, realizada a partir de información primaria (como las encuestas realizadas a los productores de café del municipio de Monterrey, Casanare) junto con información secundaria, arroja como la mayor categoría de importancia, es decir la que más se presenta, los impactos moderados. Estos están representados por la erosión (en el proceso de limpieza), la generación de empleo (en los procesos de control de plagas-enfermedades y en el de fertilización), la calidad fisicoquímica del agua (en el beneficio), la oferta natural de agua y el consumo de energía en la fase de despulpado, los malos olores durante la fermentación, y la alteración de las propiedades químicas del suelo como consecuencia de los procesos de fertilización.

Es de resaltar que ningún impacto generado es considerado de alta importancia, considerando el potencial de generar alguna afectación grave sobre los componentes y aspectos evaluados, sin embargo, lo anterior indica que los impactos moderados son los que constituyen la prioridad a tratar durante el proceso productivo del café en el municipio, porque pueden ser susceptibles a agravarse y tener una sinergia considerable para generar impactos diferentes a mediano y largo plazo. Estos impactos moderados representan los puntos donde el proceso puede ser mejorado económica y ambientalmente, por lo que, en consecuencia, se deben adicionar a los programas ambientales, el manejo de malos olores, la erosión, la acidez del suelo y el empleo. El proceso de beneficio es la mayor debilidad en la actividad productiva, al generar en cada procedimiento realizado (a excepción del secado), impactos ambientales de importancia moderada y en el momento específico del beneficio no se cumple con la tasa de utilización de aguas autorizada por el municipio.

5.5 Programas estratégicos para la mitigación y adaptación al cambio climático en el municipio de Monterrey

Tabla 7
Programas de manejo ambiental por impacto

Impacto	Programa de manejo ambiental	Fichas
Generación de residuos sólidos inorgánicos	Programa para el manejo integral de residuos sólidos.	Ficha 1. Manejo de residuos sólidos
Deterioro en la calidad fisicoquímica de las fuentes hídricas	Programa para el manejo del recurso hídrico	Ficha 1. Manejo en cambios de las precipitaciones, sequías
Reducción del volumen de agua disponible para el municipio		Ficha 2. Manejo de vertimientos
Disminución en las precipitaciones y aumento de la temperatura por efectos del cambio climático		Ficha 3. Uso del agua
Deterioro en la calidad fisicoquímica del aire	Programa para la calidad del aire	Ficha 1. Manejo de gases tóxicos
Afectación a la salud de las personas por agroquímicos	Programa para impactos socio-económicos	Ficha 1. Salud pública
Erosión del suelo	Programa para el manejo del suelo	Ficha 1. Manejo de acidez
		Ficha 2. Control y prevención de la erosión

Nota Lista de los programas de manejo ambiental creados para formular las estrategias de mitigación y adaptación al cambio climático para el sector cafetero de Monterrey. Elaboración propia (2021).



De acuerdo a las proyecciones realizadas, y los impactos más significativos identificados durante el proceso productivo se formulan los siguientes programas estratégicos para el municipio de Monterrey, los cuales buscan dar manejo a las problemáticas ambientales que particularmente se presentan por las características de las fincas productoras de café y las condiciones climáticas del municipio, se formulan además teniendo como objetivo principal lograr la adaptación a los cambios climáticos estimados, mitigando los impactos ambientales, y generando herramientas de manejo y gestión tanto de los cultivos como de las variables ambientales y climáticas que inciden en ellos, y en la calidad del producto final.

- **Programa para el manejo integral de residuos sólidos.**

Tabla 8

Ficha 1. Manejo de residuos sólidos

PROGRAMA PARA EL MANEJO INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS		
FICHA 1. MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS		
OBJETIVO	Hacer manejo y/o reutilización de los residuos sólidos producidos.	
IMPACTO AMBIENTAL	La generación de residuos sólidos es fuente de contaminación de agua y suelo.	
TIPO DE MEDIDA	Adaptación	Mitigación
POSIBLES CAUSAS	Mala disposición de residuos	Desconocimiento de usos alternativos de los residuos producidos
MEDIDAS AMBIENTALES		
Cronograma	Descripción	Responsable
Todo el año	Conservación de materia orgánica muerta en el suelo: La materia orgánica muerta, conformada por hojas de defoliación natural de la plantación, material vegetal proveniente de las limpiezas, abono de pulpa de café, gallinaza y otro material orgánico que provee nutrientes a las plantas	Encargado
Abril-junio-noviembre	Reincorporación de los desechos orgánicos al ciclo productivo: Abonera: A partir de la descomposición de materia orgánica vegetal y animal se puede elaborar compost, el cual aporta de manera natural los 16 elementos minerales esenciales que necesitan las plantas. El compost se puede realizar sobre el terreno, o en una fosa, apilándolo de forma que la mayor concentración de material este en el centro.	Encargado



	<p>Para su elaboración se requiere una fuente de materia con alto contenido de carbón (que para el caso de la finca puede ser provista por vástago de plátano, la pulpa de café y desechos de este proceso, desechos de cocina, y reforzarse con aserrín), una fuente de materia rica en nitrógeno (estiércol, hierbas frescas, etc.) y una fuente de materia mineral (cal agrícola o tierra). La mezcla, dispuesta en capas, entre más contenido de estiércol, más rápido será más proceso de transformación a compost.</p> <p>En un periodo de 3 a 12 meses se obtiene el compost. La pila de compost puede estar a la intemperie, pero debe estar cubierta (con hojas de plátano, por ejemplo) para evitar que al llover se laven los nutrientes, debe airearse periódicamente (cada 20-30 días), mediante el volteo de la mezcla con pala o azadón, para evitar que se concentren malos olores. El abono está listo cuando huele y tiene apariencia de tierra. En general el abono resultante es la tercera parte del volumen de la pila inicial. Se recomienda la aplicación de 2 a 6 kg de abono por planta.</p>	
<p>Marzo, septiembre</p>	<p>Manejo de residuos de productos agroquímicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Cumplimiento de la normatividad vigente sobre el manejo de este tipo de residuos. - Evitar la reutilización de los envases con fines de almacenar agua, alimentos o productos de consumo humano o animal. - Al momento de preparar la mezcla para la aspersion de los agroquímicos, realizar el triple lavado de los envases y luego inutilizar los envases, perforándolos o rompiéndolos. - Almacenar los residuos por separado en un lugar cerrado con la advertencia de “veneno”. - Realizar la aplicación según recomendaciones de los productos, evitando preparar más mezcla de la necesaria. 	<p>Encargado Administrador</p>
SEGUIMIENTO Y CONTROL		
	<p>% residuos orgánicos reutilizados / Total de los residuos que se producen</p>	



POSIBLES CAUSAS	Aumento global del calentamiento global por emisiones de gases GEI	Ausencia de tratamientos de gases, emisiones, y manejo de residuos
MEDIDAS AMBIENTALES		
Cronograma	Descripción	Responsable
Abril, Junio, Noviembre	<p>Promover cultivos nativos de cobertura para proteger el suelo contra la sequía:</p> <p>Identificar los cultivos de cobertura nativos útiles para el café.</p> <p>Establecer parcelas a nivel de cada finca según sea adecuado y darle seguimiento</p>	Encargado, Trabajadores temporales
Abril-junio-noviembre	<p>Inoculación de las plántulas de café con micorrizas.</p> <p>Para ello se deberá establecer un vivero comunitario de café con micorrizas, posteriormente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Definir el número de plantas de café por grupo • Seleccionar variedad de café y micorrizas • Establecer un vivero de café y darle seguimiento • Promover la siembra de plantas de café inoculadas en las fincas 	Encargado
Marzo, septiembre	<p>Validar el uso de yeso agrícola para mejorar la resistencia a la sequía: para ello se deberá llevar a cabo el diseño de parcelas de ensayo, monitorear parcelas de ensayo y mantener registros, evaluar los resultados y desarrollar el ejercicio en otras fincas según sea adecuado.</p>	Encargado, administrador
SEGUIMIENTO Y CONTROL		
Indicador	Número de productores capacitados en siembra de cobertura vegetal	
	Número de parcelas de cobertura establecidas	
	Número de viveros comunitarios de café establecidos	
	Número de plantas de café inoculadas distribuidas	
	Número de parcelas de ensayo para estudiar el uso del yeso agrícola en el café	



Medición	Porcentaje de humedad del suelo bajo cobertura
	Costos de producción por hectárea de viveros comunitarios
	Desarrollo de las raíces de plantas inoculadas
	Registro de plantas de café inoculadas
	Registro de parcelas de ensayo para uso de yeso agrícola
Responsable	Administrador
Metas	<ul style="list-style-type: none"> - Utilizar coberturas para los cultivos de café en cada finca que sea adecuado - Tener inoculadas el 50% de las plantas de café de cada productor para 2024. - Tener parcelas de ensayo en el 30% de las fincas del municipio para 2024
Costos por finca	Instalación de cobertura = Variable según requerimientos Medio (semillas, estructura del vivero, micorrizas, mano de obra) = \$2'000.000 Parcelas de ensayo de yeso agrícola = \$3'500.000/parcela
Eta de aplicación	Preparación del suelo, crecimiento, y beneficio.

Nota: La primera ficha del programa de manejo de recurso hídrico es la de manejo en cambios de las precipitaciones, sequías. Donde se presentan medidas de adaptación y prevención, esta primera es esencial para mejorar la resistencia al café en las condiciones que se van a ir presentando en la región. Elaboración propia (2021).

Tabla 10

Ficha 2. Manejo de vertimientos

PROGRAMA MANEJO DEL RECURSO HIDRICO		
FICHA 2. MANEJO DE VERTIMIENTOS		
OBJETIVO	Minimizar el volumen de vertimientos	
IMPACTO AMBIENTAL	La generación de vertimientos es fuente de contaminación de agua y suelo.	
TIPO DE MEDIDA	Adaptación	Mitigación
POSIBLES CAUSAS	Desconocimiento de técnica de vertimiento apropiadas	Ausencia de sistemas de tratamiento de aguas residuales
MEDIDAS AMBIENTALES		
Cronograma	Descripción	Responsable



<p>Abril, Junio, Noviembre</p>	<p>Beneficio del café con manejo de subproductos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Despulpado en seco: El café maduro contiene mucílago, baba o “miel”, que permite que la despulpadora con solo presionar la cereza el grano sea expulsado. La despulpadora debe estar calibrada para que su funcionamiento sea el adecuado. - Desmucilaginado natural en seco: Hay que tener en cuenta que cuando se despulpa sin agua el tiempo de fermentación es menor. Para estimar el punto de lavado, tomar una muestra del café del tanque, si se siente áspera al frotar con las manos debe iniciar el lavado. También puede calcular el punto de lavado introduciendo un palo en la masa de café, si al retirarlo queda un hueco en la masa. - El lavado del café en tanques de fermentación debe realizarse agitando el producto para facilitar la limpieza del grano. 	<p>Encargado, Trabajadores temporales</p>
<p>Abril-junio-noviembre</p>	<p>Utilización de los subproductos del beneficio:</p> <ul style="list-style-type: none"> - El mucílago es apto para la alimentación animal. Puede constituir hasta el 20% de la alimentación de cerdos 	<p>Encargado</p>
<p>Marzo, septiembre</p>	<p>Tramitar ante autoridad ambiental permiso de vertimientos</p>	<p>Administrador</p>
<p>SEGUIMIENTO Y CONTROL</p>		
<p>Indicador</p>	<p>Caudal de aguas residuales generadas. L/s</p> <p>Formulación = $\frac{\text{Agua residual generada } (\frac{L}{sg})}{\# \text{ de carga de café}}$</p> <hr/> <p>Caudal de agua residual que es reutilizada. L/s</p> <p>Formulación = $\frac{\text{Agua residual reutilizada } (\frac{L}{sg})}{\# \text{ de carga de café}}$</p> <hr/> <p>Caudal de agua residual vertida. L/s</p> <p>Formulación = $\frac{\text{Agua residual vertida } (\frac{L}{sg})}{\# \text{ de carga de café}}$</p> <hr/> <p>Parámetros: Concentración de DBO, DQO, Sólidos Suspendidos Totales (SST), Sólidos Sedimentables (SSED), Material Flotante, Grasas y</p>	



	Aceites, Compuestos Semivolátiles Fenólicos, Sustancias Activas al Azul de Metileno (SAAM, Fósforo Total (P), Nitrógeno Total (N))
	Carga vertida = Concentración X Caudal vertido
Medición	La medición debe realizarse durante el beneficio cada vez que se generen los vertimientos, a la salida del agua de la alberca donde se realiza el lavado y la fermentación. Debe procurarse la reducción en la generación de residuos, utilizándose el 100% del mucilago y evitando que las aguas mieles lleguen a la quebrada al infiltrarse en el suelo.
	Lo ideal según la norma 0631 de 2015 es obtener una concentración de los parámetros mencionados (mg/l) de: DBO = 400; DQO = 200; Sólidos Suspendidos Totales (SST) = 200; Sólidos Sedimentables (SSED) = 2.0; Material Flotante = 0.5; Grasas y Aceites = 20.0; Compuestos Semivolátiles Fenólicos = 0.5; Sustancias Activas al Azul de Metileno = 5.0; Fósforo Total (P) = 1.0; Nitrógeno Total (N) = 20.0 respectivamente.
Responsable	Administrador
Metas	<ul style="list-style-type: none"> - Utilizar los vertimientos de aguas residuales producidos en el procesamiento del café - Evitar la contaminación de quebradas con vertimientos de aguas residuales - Minimizar el consumo de agua - Tramitar permiso de vertimientos en 2022
Costos por finca	Técnicas en seco = \$ 1'200000
Etapas de aplicación	Beneficio

Nota: La segunda ficha del programa de manejo del recurso hídrico es la de manejo de vertimientos. Donde se presentan medidas de adaptación y mitigación para minimizar el volumen de vertimientos y darles un adecuado manejo a los residuos líquidos. Elaboración propia (2021).

Tabla 11

Ficha 3. Uso del agua

PROGRAMA MANEJO DEL RECURSO HIDRICO	
FICHA 3. USO DEL AGUA	
OBJETIVO	Desarrollar modificaciones en el proceso de beneficio que faciliten el cumplimiento de la reglamentación ambiental.
IMPACTO AMBIENTAL	Se identificó que se utiliza el recurso hídrico de pequeñas fuentes abastecedoras en el procesamiento de la cosecha.
TIPO DE MEDIDA	Mitigación
POSIBLES CAUSAS	Consumo excesivo de agua en el beneficio del café



MEDIDAS AMBIENTALES		
Cronograma	Descripción	Responsable
Abril, Junio, Noviembre	Medición del consumo de agua. Se recomienda instalar un medidor de consumo de agua, de manera que se conozca el consumo real del líquido en la finca y se den las bases para comparar el consumo que efectivamente se da con el presentado en la literatura y establecer si realmente existe algún desperdicio de agua y si la cantidad autorizada en la concesión es o no suficiente, y en este último caso, solicitar una modificación a la concesión.	Administrador
SEGUIMIENTO Y CONTROL		
Indicador	Medición del volumen de consumo: Q consumo m ³ /mes Consumo total por finca (m³/mes) = $\frac{\text{Consumo de agua (m}^3/\text{día)}}{\text{Total de fincas} \times 30 \text{ días}}$	
Medición	Se debe medir el consumo total durante los diferentes procesos que se desarrollan, cada vez que se genere un consumo. De esta manera se podrá identificar en qué procesos se encuentran los mayores consumos, e identificar el consumo real, Estos datos serán útiles para definir si es necesaria la modificación de la concesión de aguas. Adicionalmente, la medición del consumo real de agua permitirá comparar los consumos antes y después de la implementación del despulpado sin agua, para cuantificar la favorabilidad de la aplicación de las medidas propuestas.	
Responsable	Administrador de cada finca	
Metas	<ul style="list-style-type: none"> - Cumplir al 100% lo establecido en cuanto al consumo de agua en la concesión actual, es decir, no superar el caudal de consumo establecido en la concesión de aguas. De no haber concesión la renovación y cumplimiento. - Implementar nuevas tecnologías que hagan más eficiente el proceso y permitan reducir el caudal de aguas residuales 	
Costos por finca	Medidor consumo = 220.000	
Etapa de aplicación	Beneficio - Despulpado	

Nota: La tercera ficha del programa de manejo del recurso hídrico es la de uso del agua. Donde se presentan medidas de mitigación con el objetivo de cumplir la normativa ambiental vigente realizando modificaciones en el proceso de beneficio del café. Elaboración propia (2021).

- **Programa para la calidad del aire**



Tabla 12

Ficha 1. Manejo de gases tóxicos

PROGRAMA PARA LA CALIDAD DEL AIRE		
FICHA 1. MANEJO DE GASES TÓXICOS		
OBJETIVO	Implementar mecanismos que permitan mitigar la contaminación atmosférica por gases tóxicos	
IMPACTO AMBIENTAL	Contaminación de la atmosfera por emisión de gases tóxicos	
TIPO DE MEDIDA	Adaptación	Mitigación
POSIBLES CAUSAS	Desconocimiento por parte de los productores de la afectación ambiental que producen los gases tóxicos	Falta de capacitación sobre alternativas orgánicas que permitan minimizar la contaminación atmosférica por gases tóxicos
MEDIDAS AMBIENTALES		
Cronograma	Descripción	Responsable
Todo el año	Capacitar a los caficultores para realizar fungicidas y plaguicidas orgánicos, debido a que estos no producen gases tóxicos, y controlan plagas y enfermedades de igual manera.	Encargado, Trabajadores temporales y administrador de cada finca
Todo el año	Implementar cercas vivas con árboles que ayuden al control de las plagas.	Encargado de la finca
SEGUIMIENTO Y CONTROL		
Indicador	% actual de emisión de gases $\frac{\text{Cantidad de emisiones}}{\text{Ha de cultivo}}$	
	% total de gases tóxicos emitidos	
	L de agroquímicos aplicados $\text{Aplicación de agroquímicos (L/Ha)} = \frac{\text{Litros de agroquímicos aplicados}}{\text{Ha de cultivo}}$	
Medición	Hacer una lista de chequeo para evidenciar las acciones propuestas y los tiempos planteados para cada acción	
	Registros de la aplicación de los productos orgánicos con fecha de aplicación y resultados obtenidos	
Responsable	Administrador	
Metas	- Disminución de un 50% de los gases tóxicos emitidos en un año.	



	- Reducción del 50% del uso de agroquímicos inorgánicos en un año.
Costos por finca	Capacitaciones y cercas vivas = \$ 3'200000/año por finca
Etapas de aplicación	Mantenimiento del suelo

Nota: La primera ficha del programa de manejo de calidad del aire es la de manejo de gases tóxicos. Donde se presentan medidas de mitigación y adaptación con el objetivo de implementar mecanismos que permitan mitigar la contaminación atmosférica por gases tóxicos. Elaboración propia (2021).

- **Programa para impactos socio-económicos**

Tabla 13

Ficha 1. Salud pública

PROGRAMA IMPACTOS SOCIO-ECONOMICOS		
FICHA 1. SALUD PUBLICA		
OBJETIVO	Prevenir cualquier afectación a la salud de los trabajadores por mal manejo de agroquímicos	
IMPACTO AMBIENTAL	Los agroquímicos son tóxicos y pueden generar afectación a la salud de las personas	
TIPO DE MEDIDA	Prevención	
POSIBLES CAUSAS	Mal uso de agroquímicos	Falta de medidas de protección de la integridad de los trabajadores
MEDIDAS AMBIENTALES		
Cronograma	Descripción	Responsable
Marzo, julio, septiembre	Realizar aplicación de agroquímicas según instrucciones de uso del producto y no consumir alimentos ni fumar durante la aplicación	Encargado y administrador de cada finca
Todo el año	Proporcionar los medios y elementos necesarios para preservar la integridad de los trabajadores: gafas de seguridad, mascarillas, guantes, botas, etc. Al terminar la aplicación bañarse y cambiarse de ropa.	Administrador de la finca
Marzo, julio, septiembre, noviembre	Vaciar cuidadosamente los envases de polvos de productos agroquímicos en los aplicadores para evitar que pasen al aire y sean inhalados	Encargados de cada finca
Marzo, septiembre	No fumigar contra el viento, esto podría ocasionar una desviación del material y originar peligros para la salud. Tampoco fumigar en época de lluvia, para evitar el arrastre por escorrentía de los agroquímicos a las fuentes de agua superficial, a	Encargados de cada finca



	la vez que se evitar el desperdicio de agroquímicos.	
Todo el año	No dejar nunca los recipientes abiertos ni dejar abandonados los recipientes o el equipo de aplicación	Encargados de cada finca
SEGUIMIENTO Y CONTROL		
Indicador	# Enfermedades relacionadas a la aplicación de agroquímicos	
	% Trabajadores enfermos por efecto de agroquímicos. Formulación = $\frac{\# \text{trabajadores enfermos por efectos de agroquímicos}}{\text{Total de trabajadores}} * 100$	
Medición	Las enfermedades relacionadas a la aplicación de agroquímicos deben ser reportadas por los trabajadores a la administración de la finca en el momento que estas se presenten	
	Las personas afectadas por efecto de estas sustancias deben ser registradas continuamente en cada finca cada vez que se presente un daño	
Responsable	Administradores de cada finca	
Metas	<ul style="list-style-type: none"> - Mantener en cero el record de enfermedades relacionadas (indicadas en las hojas de seguridad de los productos) a la aplicación de agroquímicos - Mantener en cero el número de personas afectadas por la aplicación de agroquímicos 	
Costos por finca	Incluidos en mano de obra	
Etapa de aplicación	Control plagas y enfermedades, fertilización	

Nota: La primera ficha del programa de impactos socioeconómicos contiene medidas para prevenir cualquier afectación a la salud de los trabajadores, debido a que sin ellos no sería posible mantener un sector cafetero, los mismos trabajadores son los directos responsables de que funcione el indicador. Elaboración propia (2021).

- **Programa para el manejo del suelo**

Tabla 14

Ficha 1. Manejo de acidez

PROGRAMA PARA EL MANEJO DEL SUELO



FICHA 1. MANEJO DE ACIDEZ

OBJETIVO	Establecer acciones para reducir la acidez del suelo y evitar su contaminación	
IMPACTO AMBIENTAL	Alteración propiedades químicas del suelo: El suelo presenta pH <5, lo que representa una acidez superior a la mínima característica del ecotopo (5.0 a 6.5) donde se encuentra la finca. Un suelo ácido puede generar deficiencia de nutrientes, lo que a su vez afecta la fertilidad.	
TIPO DE MEDIDA	Mitigación	
POSIBLES CAUSAS	Las condiciones climatológicas determinan en gran parte la predominancia de la acidez o alcalinidad del suelo. La acidez está relacionada con altas precipitaciones, pero se ve intensificada por actividades humanas	Mal uso de fertilizantes químicos

MEDIDAS AMBIENTALES

Cronograma	Descripción	Responsable
Agosto Enero, Abril, Julio y Agosto	<p>Fertilización con base en un análisis químico de suelos.</p> <p>Los resultados del análisis de suelo, realizados por el Laboratorio Nacional de suelos del IGAC, recomiendan la aplicación en todo el cultivo de:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 300 gr/planta de fertilizante con composición 14-14-14-2 (N-P-K-S) al momento del trasplante de las plantas, o, dosis repartida en dos porciones iguales, cada una, dos meses antes de la época de cosecha. - 100 gr/planta de Urea cada cuatro meses. En ambos casos, para la aplicación debe despejarse el suelo alrededor de la planta y aplicar el fertilizante entre la zona de goteo y el tronco del árbol, y, con el mismo material retirado al despejar el suelo, debe cubrirse el fertilizante 	Encargado y administrador de cada finca
Septiembre y Marzo (inicio periodo de lluvias)	<p>Encalado: Los resultados del análisis de suelo, realizados por el Laboratorio Nacional de suelos del IGAC, recomiendan el encalado en todo el cultivo, con 250 gr/planta de cal dolomita (CaCO₃-MgCO₃). Para la aplicación debe despejarse el suelo alrededor de la planta y aplicar la cal entre la zona de goteo y el tronco del árbol, y, con el mismo material retirado al despejar el suelo, debe cubrirse la cal. También debe aplicarse la cal en el fondo del hoyo al momento</p>	Encargados de cada finca



	de abrirlo para hacer trasplante de plantas. La aplicación debe realizarse al inicio del periodo de lluvias y por lo menos 20 días antes de la fertilización. El material a usar en el encalado debe ser de partícula fina y contener 21% de calcio y 13% de magnesio en su composición.	
Todo el año	Uso de otros insecticidas y fungicidas: Se debe analizar la pertinencia de cambiar el Orthocide (fungicida de amplio espectro) y el Lorsban (insecticida) por otros productos menos tóxicos que puedan ser usados con el mismo fin.	Administrador de cada finca
SEGUIMIENTO Y CONTROL		
Indicador	Análisis de suelos: El análisis de suelos (recomendable cada 2-3 años) provee valores de: <ul style="list-style-type: none"> - pH (5.0 a 5.5 valor deseable) - Acidez intercambiable (6,5 valor deseable) - Porcentaje de saturación de bases que indican la acidez del suelo (75% valor deseable) 	
Medición	Debe dividirse la finca por lotes de características semejantes (edad del cultivo, pendiente, etc.) y en cada lote tomar 5 a 10 muestras dentro de la zona de goteo de las plantas, a una profundidad de 20 cm del suelo. Se mezclan todas las muestras y se toma 1 kilo que represente al lote. Las muestras deben ser llevadas al laboratorio de suelos.	
Responsable	Encargados de cada finca	
Metas	Alcanzar un pH de 5.0-5.5, correspondiente a las características del ecotopo cafetero	
Costos por finca	Fertilización: NPKS 300 gr/planta * 5800 plantas= 1740 kg Fertilización 1 bulto (50kg) = 35 bultos*≈ \$67000= \$2345000 (x 2 veces al año) Urea 100 gr/planta * 5800 plantas= 580 kg 1 bulto (50kg) = 12 bultos*≈ 75000 = \$900000 (x 2 veces al año) Encalado: 20 gr/planta * 5800 plantas= 116 kg 1 bulto (50kg)= 3 bultos*≈ \$9000 = \$27000 (x 2 veces al año)	
Etapas de aplicación	Fertilización	

Nota: La primera ficha del programa manejo de uso del suelo contiene medidas para mitigar la reducción o aumento de la acidez y que se mantenga en los valores ideales de 5.0 y 5.5, la única manera de saber las condiciones del suelo es



realizando un estudio de suelos por parcela cafetera, así se puede saber qué cantidades de nutrientes necesita el suelo, para que sea óptimo para el café. Elaboración propia (2021).

Tabla 15

Ficha 2. Control y prevención de la erosión

PROGRAMA PARA MANEJO DEL SUELO			
FICHA 2. PREVENCIÓN DE LA EROSIÓN			
OBJETIVO	Establecer acciones en la plantación de café que aporten al control y prevención de la erosión en la finca		
IMPACTO AMBIENTAL	Suelo erosionado, disminución de nutrientes y aumento de infertilidad del suelo debido al deterioro o eliminación de la capa superior del suelo.		
TIPO DE MEDIDA	Adaptación	Prevención	Mitigación
POSIBLES CAUSAS	Pendiente pronunciada, frecuentes lluvias, aumentos de temperatura, vientos fuertes constantes	Acidificación, contaminación o salinización del suelo	Suelo desnudo, labranza con azadón
MEDIDAS AMBIENTALES			
Cronograma	Descripción		Responsable
Todo el año	Conservación de materia orgánica muerta (mulch) en el suelo: Ver Ficha 1. Manejo de residuos sólidos, en el marco del programa para la el manejo integral de residuos en el municipio de Monterrey.		Encargado, Trabajadores temporales y administrador de cada finca
Todo el año	Labranza mínima: En terrenos inclinados no se recomienda la utilización de azadones y palas para el desyerbe, ya que, al soltar el suelo, se incrementan los riesgos de erosión. El reducir al máximo estas prácticas se reduce también el riesgo de erosión.		Encargado de la finca, y trabajadores temporales
Diciembre a Febrero, Julio y Octubre (en época de limpias)	Manejo Integrado de Arvenses (MIA): Mantener en las calles de los cafetales (no en el lugar donde crecen las raíces del café, esta se debe mantener siempre limpia), coberturas o arvenses nobles (plantas nativas de crecimiento rastroso y abundante, y raíces superficiales) que protegen al suelo del impacto de las gotas de lluvia, la principal causante de la erosión de los suelos colombianos cafeteros. Las coberturas nobles actúan como amortiguadoras del impacto del agua por lluvia y escorrentía, y favorecen su infiltración, lo que conserva la humedad del suelo, albergar organismos benéficos que sirven de		Encargado de la finca, trabajadores temporales



	<p>reguladores en las plagas y enfermedades del café. Estas arvenses nobles acompañan el cultivo del café sin intervenir y competir con su producción, aumentan la productividad, disminuyen costos de producción y hace que el sistema del cultivo sea sostenible. Además de ser un indicador de fertilidad del suelo, un suelo que retiene humedad, de un suelo apto para el cultivo de café.</p> <p>Tener cuidado al hacer desyerba y al fumigar para no dejar el suelo totalmente desnudo. Es necesario controlar las arvenses de mediana interferencia, interferencia alta y arvenses agresivas o malezas de mayor tamaño.</p> <p><u>Tipos de arvenses nobles:</u> Coneja, Hierba de Conejo, Siempre Viva, Panameña-Suelda, Suelda con Suelda, Camarón, Acedera Platinillo, Oxalis Latifolia, Añil Rastrero, Botón Amarillo, Botón de Oro, Centavito, Drymaria Cordata entre otras. Estas plantas no toca sembrarlas, ya que son nativas toca darles la oportunidad de que crezcan, por eso es importante la identificación de cuales arvenses son nobles y cuáles no.</p> <p>Cultivo Intercalado: Intercalar los cultivos de café, no sembrar únicamente café, pero si intercalarlo con otros cultivos por ejemplo maíz, sorgo, caña, yuca, aguacate, cítricos, plantas aromáticas, entre otros. Los principales beneficios del cultivo intercalado son el reciclaje de nutrientes y el control de malezas.</p> <p>Reforestación: Plantar árboles nativos para crear una barrera contra el viento y disminuir el impacto erosivo, también trae beneficios como fortalecer y restablecer la cubierta forestal, además de evitar deslizamientos de tierra la reforestación ayuda a sostener y aumentar el potencial de secuestro de carbono de los bosques, mitigando los efectos del cambio climático global.</p>	
SEGUIMIENTO Y CONTROL		
Indicador	Ha con cobertura vegetal por finca	
	Formulación = $\frac{Ha\ de\ coberturas\ con\ cobertura\ vegetal}{Total\ de\ Ha\ por\ finca} * 100$	
	Ha de suelo productivo por finca (estudio de suelo)	
	Kg/m ² de nutrientes (nitritos y fosfatos) (estudio de suelo)	
pH (5 valor ideal) (estudio de suelo)		



	L/m ² de humedad del suelo (estudio gravimétrico)	
Medición	En época de preparación del suelo, durante la ejecución del proceso buscando evidencias de erosión (canalículos, encostramiento del suelo, etc.)	
	El encargado debe llevar registro del estado de la cobertura y el suelo productivo en cada finca	
	En el suelo aplicar medidor de pH mensualmente y llevar registro por parte del encargado	
	Medición gravimétrica de humedad en el suelo con tensiómetro	
Responsable	Encargado de la finca, trabajadores que realizan la limpieza y preparación de suelos	
Metas	Implementar medidas de prevención de la erosión en el municipio en 2022	
Costos por finca	Mano de obra (32 jornales * 25000 = 800000) Dispositivo Kensier para medición de pH y humedad (opcional) = \$47.000	
Etapas de aplicación	Limpieza y fertilización	

Nota: La segunda ficha del programa para manejo del suelo contiene medidas encaminadas a la prevención de la erosión ya que es una variable determinante para los cultivos de café en el sector cafetero. Elaboración propia (2021).



6 Conclusiones

- Se formularon las estrategias de mitigación y adaptación al cambio climático en el sector cafetero del municipio de Monterrey, que se contemplan en los programas de manejo ambiental donde se consideran aspectos ambientales como el manejo de residuos sólidos, manejo en cambio de las precipitaciones, manejo de vertimientos, uso del agua, los efectos sobre la salud pública, las emisiones de gases tóxicos y la erosión del suelo. Ningún impacto generado fue considerado de alta importancia, considerando el potencial de generar alguna afectación grave sobre los componentes y aspectos evaluados, sin embargo, lo anterior indica que los impactos moderados fueron los que constituyeron la prioridad a tratar durante el proceso productivo del café en el municipio, porque pueden ser susceptibles a agravarse y tener una sinergia considerable para generar impactos diferentes a mediano y largo plazo.
- Se identificó que las variables climáticas más determinantes para una óptima producción y crecimiento de los cultivos son la temperatura y la precipitación, seguido de la cantidad de brillo solar, humedad, entre otros, y que las consecuencias directas que alteran la óptima producción como el inapropiado crecimiento de la planta de café, se presenta por varios factores que en conjunto hacen para la planta un ambiente hostil para su adecuado crecimiento, factores como el exceso de brillo solar o la falta de este mismo por exceso de sombrero, otro factor son las altas temperaturas en verano y bajas temperaturas en invierno, o el cambio drástico de temperatura entre día y noche dan espacio a que se quemen las plantas de cafeto, haciendo que estas pierdan sus nutrientes y no puedan desarrollarse adecuadamente, o simplemente indisponibilidad de agua por veranos largos.
- En el mantenimiento del cultivo se utiliza un alto nivel de fungicidas, herbicidas e insecticidas, lo que causa desequilibrio en el ecosistema. Otro aspecto crítico del proceso de beneficio del café es el descerezado del café, en el cual el consumo de agua es excesivo. Sumado a esto, el residuo del lavado del café en algunas fincas es arrojado directamente a la fuente hídrica, y la disposición de la cacota o cereza, en épocas de cosecha es regada por el 25% de las fincas cafeteras en el terreno de cultivo, sin ningún tipo de tratamiento, lo que podría causar problemas de contaminación del recurso hídrico superficial y/o subterráneo al alterar sus propiedades fisicoquímicas.
- Mediante una matriz de impacto ambiental (Anexo B) se analizaron las condiciones de producción en el municipio y el estado de los recursos naturales en las áreas de cultivo, adicionalmente se evaluaron las condiciones climáticas presentes en el área de influencia de los cultivos de la región, considerando las tendencias futuras observadas en las proyecciones climáticas en cuanto a las variables de precipitación y temperatura, sus dinámicas en el tiempo, y las condiciones que afectan en gran medida a los cultivos y el producto final, esto con el fin de evaluar la capacidad de respuesta del municipio frente al cambio climático la cual es no es muy buena, debido a la falta de conocimientos por parte de los



productores sobre medidas agroforestales, adaptativas, mitigación, identificación y prevención de desastres, algunos por falta de infraestructura, insumos, herramientas y poca conexión entre los productores y el gobierno.



7 Recomendaciones

- Se recomienda articular las propuestas comprendidas en los programas de manejo ambiental para el sector cafetero, con programas de gestión ambiental en otros sectores productivos importantes, los cuales de la mano de políticas públicas de lugar a la implementación de un sistema de gestión ambiental integral para el municipio, el cual puede formalizar las actividades de reciclaje, conservación forestal, y cuidado del agua que se llevan a cabo en el municipio, además de implementar medidas a los diferentes sistemas productivos que aumenten la competitividad y rentabilidad de los sectores económicos del municipio, a la vez que se aprovechan y conservan de manera más adecuada los recursos naturales disponibles en el municipio.
- Se recomienda hacer un constante seguimiento y monitoreo al nivel de cumplimiento de las medidas propuestas en los casos que se decidan adoptar y la medición constante de los indicadores, de esta manera se asegura su cumplimiento y se garantiza la revisión de los resultados obtenidos con el fin de evaluar la efectividad de las medidas y generar cambios en ellas de ser necesario.
- Se recomienda evaluar presupuestos o fuentes de financiamiento para proponer y ejecutar medidas de mayor alcance como sería la inclusión de tecnología para los productores tanto a nivel de infraestructura como de herramientas e insumos, de manera que sería posible que la mayoría de productores adoptaran las prácticas de producción que actualmente predominan en los cultivos de mayor desempeño, como es el uso de agroquímicos orgánicos, técnicas y herramientas de arado cualificadas, vías para la distribución y acceso de materias primas e insumos, plantas de tratamiento de aguas residuales de las veredas, vehículos para la distribución de semillas, entre otros las cuales tecnificarían el proceso y favorecerían al sector cafetero en el municipio.
- Se recomienda seguir implementando como sistema agroforestal el sombrío para los cultivos, dado que en esta región del país debido a las condiciones meteorológicas hay una elevada incidencia de brillo solar y es un factor determinante en la producción de café, teniendo en cuenta que el exceso de brillo solar y de sombra pueden afectar el adecuado crecimiento y desarrollo de la planta, según (Farfán Valencia & Jaramillo Robledo, 2009) con un sombrío mayor al 45% las plantas no responden a la fertilización, lo que incurre a un gasto adicional e innecesario del fertilizante, porque por mucho que este se le aplique son necesarias las condiciones adecuadas de luminosidad exigidas por el cultivo, esto se debe tener en cuenta con el extensionista al igual que la distancia de cultivo en el sistema.



8 Referencias

Aceituno Caal, M. de los Á. (2020). ADAPTACIÓN Y MITIGACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO DE PEQUEÑOS PRODUCTORES DE CAFÉ, ANDALUCIA. 75, ee2020001. <https://doi.org/10.21826/2446-82312020v75ee2020001>

Adhikari, U., Nejadhashemi, A. P. & Woznicki, S. A. (2015). Climate change and eastern Africa: a review of impact on major crops. 4(2), 110–132. <https://doi.org/10.1002/fes3.61>

Alpízzar, B. V. M. R. M.-R. C. I. D. C. A. H. F. (2017). Proyecto Cascada, Impactos del cambio climático en la agricultura de Centroamérica, estrategias de mitigación y adaptación (Es).

Ambientico. (2011). Principios generales y modelo valorativo de vulnerabilidad y adaptabilidad al cambio climático en fincas cafetaleras Carbono Neutral 2021.

Andrade, H. J., et all. (2013). Estrategias de adaptación al cambio climático en sistemas de producción agrícola y forestal en el departamento del Tolima.

Benavides, H. & León, G. (2007). INFORMACIÓN TECNICA SOBRE GASES DE EFECTO INVERNADERO Y EL CAMBIO CLIMÁTICO.

Bernhardt, E. (2016). Guía Ambiental para el Subsector Cafetero. Guía Ambiental para el Cultivo del Café. <https://doi.org/10.3726/978-3-653-02524-8/3>

Bouroncle, C., Imbach, P., Läderach, P., Rodríguez, B., Medellín, C., Emily Fung, 1C A T I E CATIE & CIAT, 2C I A T. (2015). La agricultura de El Salvador y el cambio climático: ¿Dónde están las prioridades para la adaptación?

Burbano C., Ramírez, A. (2008) DISEÑO DE UN SISTEMA DE GESTIÓN AMBIENTAL PARA LA FINCA LA ESMERALDA EN EL CORREGIMIENTO ALTO SAN JUAN, MUNICIPIO DE YOTOCO, COLOMBIA. UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS DEPARTAMENTO DE CIENCIAS AMBIENTALES PROGRAMA DE ADMINISTRACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE Y DE LOS RECURSOS NATURALES.

<https://red.uao.edu.co/bitstream/handle/10614/5503/TAA01943.pdf;jsessionid=2504C32123C0D132BF36233FBC3779DA?sequence=1> [Recuperado 8/07/2021]

Bunn, C., Läderach, P., Ovalle Rivera, O. & Kirschke, D. (2014). A bitter cup: climate change profile of global production of Arabica and Robusta coffee. 129(1–2), 89–101. <https://doi.org/10.1007/s10584-014-1306-x>

CEBALLOS, E. A. & OCAÑA, S. M. (2014). ESTRATEGIAS DE MITIGACIÓN FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO EN FINCAS CAFETERAS DE LA UNIÓN - NARIÑO.

Cenicafé, (2017). Cartilla, Variedades de café sembradas en Colombia. Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. <https://www.cenicafe.org/es/publications/C1.pdf> [Recuperado 4/09/2021]



CERQUERA LOSADA, Ó. H. & ORJUELA YACUÉ, C. F. (2015). El acompañamiento institucional en el desarrollo del sector cafetero colombiano. 7(1), 169–191. <https://tinyurl.com/yhate7bs>

CHUGAR CÁCERES, H. (1979). Análisis de la vulnerabilidad del cultivo de café (*Coffea arabica*) en el municipio de Teoponte en La Paz, Bolivia. 7(5), 15–27. <https://tinyurl.com/yhb59x55>

Colinos, Castro Lotero, A. D. & Rodas Correa, L. M. (2014). La vejez del mejor café del mundo.

Coltri, P. P., Pinto, H. S., Gonçalves, R. R. do V., Zullo Junior, J. & Dubreuil, V. (2019). Low levels of shade and climate change adaptation of Arabica coffee in southeastern Brazil. 5(2), e01263. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e01263>

Consejo Departamental de Gestión del Riesgo de Desastres, C. (2012). PLAN DEPARTAMENTAL DE GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES (PDGRD). https://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co/bitstream/handle/20.500.11762/444/PDGR_Casanare.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Cortés Zambrano, M. (2006). Análisis climático de sectores en los departamentos de Boyacá y Casanare y su alteración por fenómenos macroclimáticos y de cambio global (Tesis Universidad Los Andes). Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental. <https://tinyurl.com/yzt4efqa>

Darnall, N; Edwards, D. (2006). Predicting the cost of environmental management system adoption: the role of capabilities, resources and ownership structure. *Strategic Management Journal* 27: 301–320

Economía Verde, C. C. (2012). BIODIVERSIDAD: BIENESTAR DE LA CAFICULTURA COLOMBIANA Proyecto: Incorporación de la biodiversidad en el sector cafetero.

Euscategui, C. & Hurtado, G. (2011). ANÁLISIS DEL IMPACTO DEL FENÓMENO “LA NIÑA” 2010-2011 EN LA HIDROCLIMATOLOGÍA DEL PAÍS.

Farfán Valencia, F., & Jaramillo Robledo, Á. (2009). Sombrío Para El Cultivo Del Café Según La Nubusidad De La Región. 379 *Avances Técnicos Cenicafé*, 379, 8. <https://www.cenicafe.org/es/publications/avt0379.pdf>

Federación nacional de cafeteros. (2010) Guía ambiental para el sector cafetero. <https://redjusticiaambientalcolombia.files.wordpress.com/2012/09/guia-ambiental-para-el-subsector-cafetero.pdf> [Recuperado 7/08/2021]

Federación nacional de cafeteros y Cenicafé. (2004). Cartilla cafetera Cap. 01. Variedades de café sembradas en Colombia. <http://www.cenicafe.org/es/publications/C1.pdf>. Recuperado [7/08/2021] de 2012.

Floración del café en Colombia y su relación con la disponibilidad hídrica, térmica y de brillo solar. (2018). IRD Éditions. <https://doi.org/10.4000/books.irdeditions.25484>

Harvey, C. A., et all. (2018). Climate change impacts and adaptation among smallholder farmers in Central America. 7(1), 1–20. <https://tinyurl.com/yg4ejxbk>



- IDEAM. (s/f). Clasificación de los Climas. <http://atlas.ideam.gov.co/basefiles/clima-text.pdf>
- Isaza, C. H. & Cornejo, J. M. (2004). CAMBIO CLIMÁTICO Y SU IMPACTO EN EL CULTIVO DEL CAFÉ.
- Jaramillo, Á. & Arcila, J. (2009). Variabilidad climática en la zona cafetera colombiana asociada al evento de El Niño y su efecto en la caficultura.
- Kutywayo, D., Chemura, A., Kusena, W., Chidoko, P. & Mahoya, C. (2013). The Impact of Climate Change on the Potential Distribution of Agricultural Pests: The Case of the Coffee White Stem Borer (*Monochamus leuconotus* P.) in Zimbabwe. 8(8), e73432. <https://tinyurl.com/ygppcrjo>
- Laderach, P., et al. (2010). Predicted Impact of Climate Change on Coffee Supply Chains (pp. 703–723). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-14776-0_42
- Läderach, P., et al. (2016). Climate change adaptation of coffee production in space and time. 141(1), 47–62. <https://doi.org/10.1007/s10584-016-1788-9>
- Lagos, T., Muñoz, J., Crillo, H., Alzate, J., Belalzacar, J., Lopez, J., Arteaga, V., Delgado, J., (2020) El cultivo del Café (*coffea arabica* L.) en Nariño: cartilla divulgativa / Tulio César Lagos Burbano ... [et al.]. -- San Juan de Pasto: Editorial Universidad de Nariño, 2019. pp. 20-34.
<http://sired.udenar.edu.co/6518/1/CARTILLA%20DIVULGATIVA%202020%20OK.pdf>
[Recuperado 6/09/2021]
- Lozano, A., & Yoshida, P., (2021) Índice de competitividad regional cafetero. a Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. https://federaciondecafeteros.org/static/files/Indice_competitividad_cafetero.pdf
[Recuperado 7/10/2021]
- Lugo Álvarez, A. P., Peña Peñuela, M. A., & Mesa Gómez, D. P. (2020). Criterios de Implementación ISO 14000: 2015 Caso Estudio Sector Cafetero, en la Organización Café Resumen Ejecutivo Contexto General del Sector Descripción de la Problemática del Sector.
- Magrin, G. O., Travasso, M. I., Rodríguez, G. R., Solman, S. & Nuñez., M. (2009). Global Warming and Wheat Production in Argentina.
- MADR. (2010). Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Una política integral de tierras para Colombia. http://www.minagricultura.gov.co/archivos/ministro_jc_restrepo_tierras_2.pdf. Fecha última consulta: [Recuperado 8/08/2012]
- Manuel, J., Calderón, S., Pontoni, M. M., & Torres, O. F. (2015). ESTUDIO NACIONAL DE LA DEGRADACIÓN DE SUELOS POR EROSIÓN EN COLOMBIA 2015. <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023648/Sintesis.pdf>
- Meza, F. J. & Silva, D. (2009). Dynamic adaptation of maize and wheat production to climate change. 94(1), 143–156. <https://doi.org/10.1007/s10584-009-9544-z>



Meza, F. J., Silva, D. & Vigil, H. (2008). Climate change impacts on irrigated maize in Mediterranean climates: Evaluation of double cropping as an emerging adaptation alternative. 98(1), 21–30. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.agsy.2008.03.005>

Montealegre Bocanegra, J. E. (2014). Actividades desarrolladas en el marco del contrato de prestación de servicios profesionales No IDEAM 078 -2014.

Monzon, J. P., Sadras, V. O., Abbate, P. A. & Caviglia, O. P. (2007). Modelling management strategies for wheat–soybean double crops in the south-eastern Pampas. 101(1), 44–52. <https://tinyurl.com/yjwty4>

Osorio, M. (2019) Plan de Manejo Ambiental del proceso de beneficio del café para la finca El Paraíso, vereda la playa del municipio de Tarqui-Huila. Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD Escuela de Ciencias Agrarias y del Medio Ambiente ECAPMA Ingeniería ambiental.

<https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/25375/%20%09miosoriocr.pdf?sequence=1&isAllowed=y> [Recuperado 8/08/2021]

Pabón, J. D. (2009). El cambio climático global y su manifestación en Colombia. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Humanas, Departamento de Geografía. <https://tinyurl.com/ydkztzpp>

Quintero, J. J. G., Mendez, C. D. N., & Vianchá Sánchez, Z. (2017). Análisis de buenas prácticas en el proceso de beneficio del café: experiencia de estudio en el municipio de Viotá (Cundinamarca, Colombia). Ingeniería Solidaria, 13(22), 121–136. <https://doi.org/10.16925/in.v13i22.1839>

Ramírez, V. H., et all. (2014). Recomendaciones para la reducción del riesgo en la caficultura de Colombia ante un evento climático de El Niño. Cenicafé. <https://tinyurl.com/yzmm7te4>

República, L. & CEPAL. (2019, April 1). Colombia es el tercer país que más exporta a otras naciones de la región latina (Según el Anuario Estadístico de América Latina y el Caribe de la CEPAL). <https://n9.cl/vo7lg>

Reyes Martínez, J. E. & Convenio Universidad de Ibagué-Cortolima, N. 453. (2008). Lineamientos básicos para la elaboración del plan de adaptación al cambio climático del Tolima.

Rojas Pardo, L (2012) Propuesta de un Sistema de Gestión Ambiental para el sistema de producción cafetera de la finca “Las Palmas”, La Vega-Cundinamarca, bajo los requisitos de la norma ISO 14001:2004. Tesis de grado, Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de ciencias de biología.

<https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/8979/RojasPardoLauraNatalia2012.pdf;sequence=1> [Recuperado 7/08/2021]

Sadeghian Khalajabadi, S. (2016). La acidez del suelo, una limitante común para la producción de café. FNC Cenicafé, Tabla 1, 1–12. <https://www.cenicafe.org/es/publications/AVT0466.pdf>



Sierra, L. M., Sánchez, A. Y. & Cuartas, J. A. (2017). Estrategias y tendencias innovadoras en la producción de la agricultura del café para adaptarse al cambio climático ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE PROYECTOS.

Sostenibilidad. (s.f.). MITIGACIÓN Y ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO. <https://n9.cl/1dy9x>

Travasso, M. I., et al. (2008). Maize and soybean cultivation in southeastern South America: adapting to climate change (pp. 332-352.). *Climate Change and Adaptation*.

Travasso, M. I., Magrin, G. O., Rodríguez, G. R., Solman, S. & Nuñez.M. (2009). Climate Change Impacts on Regional Maize Yields and possible Adaptation Measures in Argentina. *Int.J.Global Warming*.

Usma Oviedo, J. S., & Trujillo González, F. (2011). Biodiversidad del Departamento del Casanare.



9 Anexos

- Anexo A Encuesta realizada a los caficultores del municipio

ENCUESTA DIRIGIDA A PRODUCTORES DE CAFÉ MUNICIPIO DE MONTERREY CASANARE		
Productor: _____, (ASOCAM)		
Vereda: _____, Finca: _____		
Observación:		
#	PREGUNTAS	RESPUESTAS
1	¿Tipo de café que cultiva?	
2	¿Hace cuánto se dedica a la siembra del café?	
3	¿Algún otro cultivo a parte del café?	
4	¿Tiene cultivos dentro del cafetal?	
5	¿Cuánta extensión tiene su cultivo de café?	
6	¿En peso, cuánto café saca usted normalmente por cosecha?	
7	¿La fecha de siembra/cosecha se ha visto modificada en los últimos años?	
8	¿Cada cuánto se renueva el café?	
9	¿Ha habido algún cambio en los patrones de temperatura o en la temperatura en las últimas décadas?	
10	¿Ha habido algún cambio en los patrones de vientos o en los vientos en las últimas décadas?	
11	¿Ha habido algún cambio en los patrones de precipitación o en las lluvias en las últimas décadas?	
12	¿Se han presentado fenómenos meteorológicos extremos como, lluvias intensas, tormentas eléctricas, veranos largos, sequías u	



	otras, que comúnmente no se presentaban?	
13	¿La producción se ha visto afectada, o sea ha aumentado o ha disminuido en las últimas décadas?	
14	¿Cuáles son los principales retos en la producción?	
15	¿Ha habido cambios en las prácticas agrícolas?	
16	¿Usted tiene conocimiento sobre el cambio climático y como esto le puede afectar su cultivo? ¿Qué sabe?	
17	¿Normalmente cómo se abastece de agua para el riego de sus cultivos?	
18	¿Ha tenido que cambiar la forma de abastecimiento de agua para sus cultivos, o siempre ha sido la misma?	
19	¿Actualmente maneja algún tipo de control de plagas?	
20	¿Los cultivos que usted ocupa, especialmente los de café, han presentado enfermedades?	
21	¿Utiliza fertilizantes en sus cultivos? ¿Cuáles? ¿Cada cuánto los usa?	
22	¿Cómo ve el futuro del café?	
23	¿Con que equipos o infraestructura cuenta para realizar los procesos de producción del café?	
24	¿Qué tipo de sistema es?	
25	¿Ha tenido que sembrar más árboles de sombra para proteger su café en la última década?	
26	¿Tipo de árboles de sombra que utiliza?	
27	¿Ha implementado algún tipo de estrategia diferente a plantar árboles de sombra?	
28	¿Tipo de terreno?	
29	¿Hay signos de erosión en el suelo?	



30	¿Ha habido deslizamientos de tierra?	
31	¿Hay alguna enfermedad o plaga que no haya visto antes en esta zona en la última década?	
32	¿Qué pasa con la floración del café? ¿Ha observado aborto floral?	
33	¿Se observa daño en los árboles debido a condiciones climáticas extremas como granizo o viento?	
34	¿Hay signos de marchitamiento o deficiencias nutricionales?	
35	¿Qué edad tienen las parcelas de café?	
36	Estado de la parcela de café	
37	¿Hay algún tipo de cobertura o mulch para proteger el suelo ya sea en árboles o cultivos?	
38	¿Hay buenas prácticas agrícolas que hacen que el sistema de producción sea más resiliente?	
39	¿Cómo es el manejo de subproductos de la pulpa y el mucilago, donde los desechan?	
40	¿Dónde se vierte el agua utilizada en el proceso, o como es este manejo de esos residuos líquidos?	

➤ Anexo B Matriz de impactos ambientales

	Factor ambiental	Categoría de análisis	Naturaleza	Intensidad	Extensión	Momento	Persistencia	Reversibilidad	Sinergia	Acumulación	Efecto	Periodicidad	recuperabilidad	Valoración
Limpieza del terreno	Aire	Ruido	-	2	1	3	1	1	1	1	1	2	1	14 = Irrelevante
	Suelo	Erosión	-	1	2	3	4	4	2	4	4	4	2	24 = Moderado
	Socioeconómico	Generación de empleo	+	1	1	4	3	-	4	4	1	2	-	23 = irrelevante
Control de plagas	Socioeconómico	Salud pública	-	-	1	-	3	1	1	1	1	2	1	14 = Irrelevante



	Socioeconómico	Generación de empleo	+	1	1	4	3	-	4	4	1	1	-	25 = Moderado
Recolección	Socioeconómico	Generación de empleo	+	2	1	4	1	-	2	1	4	2	-	22 = Irrelevante
Despulpado	Agua	Calidad fisicoquímica/oferta natural	-	4	4	4	1	1	4	4	4	2	4	37 = Moderado
	Aire	Malos olores	-	1	1	3	3	1	1	1	4	2	1	44 = Moderado alto
	Socioeconómico	Generación de empleo	+	1	1	4	3	-	4	4	1	2	-	24 = Irrelevante
Fermentación	Agua	Calidad fisicoquímica/oferta natural	-	4	4	4	1	1	2	4	1	2	1	37 = Moderado
	Aire	Malos olores	-	2	1	4	1	1	2	4	4	2	1	27 = Moderado
	Socioeconómico	Generación de empleo	+	1	1	4	3	-	4	4	1	2	-	23 = Irrelevante
Lavado	Agua	Calidad fisicoquímica/oferta natural	-	4	4	4	1	1	2	4	2	1	2	36 = Moderado
	Socioeconómico	Generación de empleo	+	1	1	4	3	-	4	4	1	2	-	23 = Irrelevante
Secado	Socioeconómico	Generación de empleo	+	1	1	4	3	-	4	4	1	2	-	23 = Irrelevante
Fertilización	Suelo	Erosión	-	1	2	3	1	2	2	4	1	2	3	25 = Moderado
	Suelo	Calidad fisicoquímica/oferta natural	-	2	2	3	1	2	2	4	4	2	3	31 = Moderado
	Socioeconómico	Salud pública	-	4	-	3	1	1	1	1	1	2	1	15 = Irrelevante