

**VARIABILIDAD CLIMÁTICA Y SERVICIOS ECOSISTÉMICOS DE  
REGULACIÓN EN CULTIVOS DE PLÁTANO EN EL EJE CAFETERO  
COLOMBIANO**

**STEFANIA GIRALDO MOLINA**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA**

**FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES**

**PROGRAMA ADMINISTRACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE**

**PEREIRA**

**2017**

**VARIABILIDAD CLIMÁTICA Y SERVICIOS ECOSISTÉMICOS DE  
REGULACIÓN EN CULTIVOS DE PLÁTANO EN EL EJE CAFETERO  
COLOMBIANO**

**STEFANIA GIRALDO MOLINA**

**TRABAJO DE GRADO**

**PARA OPTAR AL TÍTULO DE ADMINISTRADOR AMBIENTAL**

**DIRECTOR**

**PhD JUAN MAURICIO CASTAÑO ROJAS**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA**

**FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES**

**PROGRAMA ADMINISTRACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE**

**PEREIRA-RISARALDA**

**2017**

**NOTA DE ACEPTACIÓN**

---

---

---

---

**FIRMA DEL DIRECTOR**

---

**JURADO**

---

**JURADO**

## **DEDICATORIA**

A mis padres por todo el sacrificio, el apoyo y dedicación que han tenido para formarme como persona y profesional, por sus consejos, amor e incondicionalidad.

A mi hermana Laura Cristina Giraldo por ser la motivación para seguir adelante y ser un ejemplo de superación.

A mis raíces campesinas, que me llenan de orgullo cada día y me inspiran a seguir luchando por un futuro prometedor para las comunidades rurales de este país.

## **AGRADECIMIENTOS**

Quiero agradecer profundamente a Dios por darme vida, salud y sabiduría para enfrentar este proceso con valentía, perseverancia y disciplina.

A los productores de plátano del municipio de Armenia, Calarcá y Tebaida por su disposición, apoyo y receptividad en todo el proceso de investigación. Su amor y respeto por el campo son un ejemplo para todos.

A mis docentes, que se empeñaron en inculcarme el amor por la academia y el conocimiento, además de brindarme su apoyo y confianza incondicional.

A los miembros del semillero de investigación Planificación Socioecológica del Paisaje (GATA-UTP) por el acompañamiento académico y personal.

A la docente Ligia Janeth Molina por su apoyo, confianza y dedicación para que este proyecto se llevara a cabalidad, admiración profunda por la labor que realiza.

A mi director Juan Mauricio Castaño Rojas por sus apreciados y relevantes aportes, críticas, comentarios y sugerencias durante el desarrollo de esta investigación.

A mis compañeros, por darme tantos momentos de alegría, por sus enseñanzas, su cariño y comprensión. Es una fortuna para mi haber recorrido tan maravilloso camino a su lado.

## CONTENIDO

|  |           |
|--|-----------|
| <b>RESUMEN</b> -----   | <b>10</b> |
| <b>ABSTRACT</b> -----  | <b>11</b> |
| <b>INTRODUCCIÓN</b> -----  | <b>12</b> |
| <b>OBJETIVOS</b> -----   | <b>17</b> |
| <b>1. METODOLOGÍA</b> -----  | <b>18</b> |
| <b>1.1.Área de estudio</b> -----   | <b>18</b> |
| <b>1.2.Selección de los sitios de muestreo</b> -----   | <b>19</b> |
| <b>1.3.Selección de fincas para la instalación de microestación climáticas</b>   | <b>20</b> |
| <b>1.4.Selección de fincas para trabajo de campo</b> -----   | <b>21</b> |
| <b>1.5.Caracterización climática de los registros históricos de precipitación<br/>        y temperatura en el municipio de Armenia</b> ----- | <b>23</b> |
| <b>1.6.Relación variabilidad climática, servicios ecosistémicos de regulación<br/>        en los diferentes arreglos</b> -----               | <b>26</b> |
| <b>1.7.Diseño de herramientas de adaptación a la variabilidad climática de<br/>        acuerdo a la vulnerabilidad presentada</b> -----      | <b>28</b> |
| <b>2. RESULTADOS</b> -----   | <b>30</b> |
| <b>2.1.Caracterización climática de los registros históricos de precipitación<br/>        y temperatura en el municipio de Armenia</b> ----- | <b>30</b> |
| <b>2.2.Relación variabilidad climática, servicios ecosistémicos de regulación<br/>        en los diferentes arreglos</b> -----               | <b>38</b> |
| <b>2.3.Diseño de herramientas de adaptación a la variabilidad climática de<br/>        acuerdo a la vulnerabilidad presentada</b> -----      | <b>47</b> |

|  |           |
|--|-----------|
| <b>3. DISCUSIÓN</b> -----  | <b>59</b> |
| <b>3.1.Caracterización climática de los registros históricos de precipitación y temperatura en el municipio de Armenia</b> ----- | <b>59</b> |
| <b>3.2.Relación variabilidad climática, servicios ecosistémicos de regulación en los diferentes arreglos</b> -----               | <b>61</b> |
| <b>3.3.Diseño de herramientas de adaptación a la variabilidad climática de acuerdo a la vulnerabilidad presentada</b> -----      | <b>65</b> |
| <b>4. CONCLUSIONES</b> -----   | <b>67</b> |
| <b>5. RECOMENDACIONES</b> -----  | <b>69</b> |
| <b>6. BIBLIOGRAFÍA</b> -----   | <b>70</b> |
| <b>7. ANEXOS</b> -----   | <b>78</b> |

## LISTA DE FIGURAS

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Figura 1. Área de estudio-----</b>  | <b>19</b> |
| <b>Figura 2. Distribución de la precipitación anual (1985-2010)-----</b>                   | <b>30</b> |
| <b>Figura 3. Distribución de la temperatura anual (1985-2010)-----</b>                     | <b>32</b> |
| <b>Figura 4. Distribución de la temperatura anual Curva_1000 (1985-2010)-----</b>          | <b>32</b> |
| <b>Figura 5. Anomalías de precipitación (1985-2010)-----</b>                               | <b>33</b> |
| <b>Figura 6. Anomalía de temperatura-----</b>  | <b>34</b> |
| <b>Figura 7. Histograma de precipitación-----</b>  | <b>36</b> |
| <b>Figura 8. Épocas de ocurrencia de fenómenos El Niño y La Niña-----</b>                  | <b>37</b> |
| <b>Figura 9. Anomalías de precipitación en presencia de Fenómenos Niña-Niño---</b>         | <b>38</b> |
| <b>Figura 10. Temperatura media mensual (2016-2017)-----</b>                               | <b>39</b> |
| <b>Figura 11. Precipitación mensual (2016-2017)-----</b>                                   | <b>39</b> |
| <b>Figura 12 -13. Histograma banda baja-----</b>   | <b>40</b> |
| <b>Figura 14. Histograma banda alta-----</b>   | <b>41</b> |
| <b>Figura 15. Contenido de agua en el suelo (10 cm profundidad)-----</b>                   | <b>42</b> |
| <b>Figura 16. Percepción de los productores frente a la variación del clima-----</b>       | <b>47</b> |
| <b>Figura 17. Cobertura vegetal en las fincas-----</b>                                     | <b>48</b> |
| <b>Figura 18. Afectaciones al cultivo de plátano por la variabilidad climática-----</b>    | <b>49</b> |
| <b>Figura 19. Temporada de más afectación al cultivo de plátano-----</b>                   | <b>50</b> |
| <b>Figura 20. Acciones para contrarrestar efectos del clima-----</b>                       | <b>50</b> |
| <b>Figura 21. Asociaciones de cultivos para protegerse de la variabilidad climática-</b>   | <b>51</b> |
| <b>Figura 22. Beneficios de las estrategias de adaptación a la variabilidad climática-</b> | <b>52</b> |
| <b>Figura 23. Percepción de la disponibilidad de agua actual en la zona-----</b>           | <b>53</b> |



## LISTA DE TABLAS

|  |    |
|--|----|
| Tabla 1. Fincas seleccionadas para la instalación de microestación climática-----  | 21 |
| Tabla 2. Fincas seleccionadas-----   | 23 |
| Tabla 3. Precipitación mensual multianual por estación (1985-2010)-----  | 31 |
| Tabla 4. Temperatura mensual multianual por estación (1985-2010)-----  | 33 |
| Tabla 5. Índice de anomalía de precipitación anual-----  | 35 |
| Tabla 6. Variables físicas del suelo-----  | 44 |
| Tabla 7. Afectación de la variabilidad climática a los servicios ecosistémicos de regulación en cultivos de plátano-----                               | 45 |
| Tabla 8. Compilación de estrategias de adaptación a la variabilidad climática de acuerdo a investigaciones y las experiencias de los agricultores----- | 54 |

## LISTA DE ANEXOS

|  |    |
|--|----|
| ANEXO 1-----   | 78 |
| Tabla 1. Criterio de evaluación para la selección de fincas----- | 78 |
| Tabla 2. Rango de selección de fincas-----                       | 78 |
| Tabla 3. Calificación de fincas para la selección-----           | 79 |

## RESUMEN

En un área del municipio de Armenia (Quindío) se evaluó la variabilidad climática en las escalas regional y local a partir de registros históricos y datos tomados en campo para comprender los cambios temporales de las variables precipitación, temperatura y humedad del suelo. De acuerdo con lo anterior, se propuso como objetivo general establecer la relación de la variabilidad climática con los servicios ecosistémicos de regulación en diferentes arreglos de plátano para emplearlo como herramienta de planificación en la adaptación a este fenómeno. Se analizaron datos desde 1985-2010 identificando un incremento considerable en la precipitación y temperatura. Los resultados de la toma de datos en campo corroboraron lo anterior y mostró una tendencia marcada en aumentos de precipitación en zonas a mayor altura, así como picos de temperatura particulares a ciertos rangos de alturas. La relación de precipitación y contenido de humedad de campo fue positiva de acuerdo al coeficiente de correlación de Pearson, sin embargo las fincas donde se ubicaron las microestaciones presentaban arreglos del cultivo de plátano influyentes en la retención de humedad del suelo. Posteriormente, se relacionaron los servicios ecosistémicos de regulación del suelo determinados por estudios anteriores en la zona con los efectos de la variabilidad climática y finalmente, de acuerdo a la percepción de los agricultores se generaron estrategias de adaptación soportadas en investigaciones realizadas a nivel de América Latina para el cultivo de plátano y otros.

## ABSTRACT

In the Armenia municipality (Quindío) A climatic variability in regional and local levels was evaluated from historical records and data had taken in the field to understand the temporal changes of the variables precipitation, temperature and soil humidity. In accordance with the above, it was proposed as a general objective to establish the link of weather variability and ecosystem regulation services in different plantain arrangements to use as a planning tool in adaptation to this phenomenon. Data were analyzed from 1985 to 2010 identifying a considerable increase in the precipitation and temperature. The results of the data collection in the field corroborated the previous and showed a noticeable tendency in increases of precipitation in zones to greater height, as well as peaks of temperature particular to certain ranges of heights. The ratio of precipitation and field humidity content was positive according to the Pearson correlation coefficient, however the farms where the microstations were located had banana plantation arrangements that were influential in soil humidity retention. Subsequently, the ecosystem services of soil regulation determined by previous studies in the area were related to the effects of climatic variability and finally, according to farmers' perception, adaptation strategies were generated based on research conducted in Latin America for the cultivation of banana and others.

## INTRODUCCIÓN

La naturaleza provee el sustento para la vida, gracias a las diferentes interacciones entre los ecosistemas, estos se ven representados en beneficios para el desarrollo humano los cuales se denominan servicios ecosistémicos, es decir, las condiciones y procesos en donde los ecosistemas y las especies que habitan en ellos satisfacen las necesidades de la gente (Almeida *et al.* 2007). Los servicios se clasifican en cuatro categorías: servicios de aprovisionamiento (ej. agua, madera, fibra, alimento), servicios de apoyo o soporte (ej. formación de suelos, reciclaje de nutrientes, fotosíntesis, polinización, eliminación de residuos), servicios de regulación (ej. regulación climática, control de inundaciones, seguridad de las laderas, purificación del agua) y por último servicios culturales (ej. recreación, estética, valores espirituales, saberes) (Millenium Ecosystem Assesment 2005).

Dado lo anterior, los servicios de regulación son de gran relevancia para el bienestar humano; se obtienen directamente de los ecosistemas, sin pasar por procesos de transformación, como es el caso del aire limpio, el mantenimiento de los ciclos biogeoquímicos y la prevención de enfermedades, entre otros (Corredor *et al.*, 2012). Estos servicios se ven afectados directamente por el cambio en las condiciones del clima debido a que la variabilidad climática (VC) tiene fuertes repercusiones sobre diferentes variables meteorológicas; induciendo cambios en el patrón de precipitación que afecta directamente la disponibilidad hídrica, la gestión territorial de prácticas agrícolas y agroecosistemas (Puertas *et al.*, 2011). Por lo tanto, la vulnerabilidad de los ecosistemas de los Andes tropicales ante el cambio climático y la variabilidad climática dejan expuestos los servicios ecosistémicos, con cambios en los servicios de regulación del recurso hídrico (Anderson *et al.*, 2010).

La variabilidad climática de corto periodo se refiere a las fluctuaciones observadas en el clima durante períodos de tiempo relativamente pequeños; por lo tanto, en un año, se registran valores por encima o por debajo de los promedios históricos (Montealegre & Pabón, 2000). La normal climatológica o valor normal, se utiliza para definir y comparar el clima; generalmente representa el valor promedio de una serie continua de mediciones de una variable climatológica durante un período de por lo menos 30 años. A la diferencia entre el valor registrado de la variable y su promedio se le conoce como “anomalía” (Montealegre, 2012). La variabilidad climática de corto período tiene tres tipos de escalas para ser estudiadas: estacional, intraestacional e interanual.

Según el IPCC (2007) en diferentes estudios climáticos se define vulnerabilidad como el atributo que indica si un sistema social es susceptible o incapaz de enfrentar los efectos adversos del cambio climático, incluyendo la variabilidad climática y los eventos extremos. De este modo, la vulnerabilidad es una función del carácter, magnitud y tasa de cambio climático a la cual el sistema está expuesto a la sensibilidad y capacidad adaptativa.

La variabilidad climática no es la que condiciona la vulnerabilidad de los sistemas socioecológicos, sino la interacción entre los diferentes subsistemas de los sistemas socioeconómicos y ecológicos. En términos más precisos, los impactos del clima sobre la sociedad se definen no solo a partir de las dimensiones biofísicas del fenómeno climático (intensidad y frecuencias de sequías, precipitaciones, inundaciones, etc.) sino también por condiciones socioeconómicas (grado de exposición de ciertos tipos de productores a los fenómenos referidos). La vulnerabilidad debe ser entendida como la propiedad emergente de la interacción entre los agro-ecosistemas y los sistemas socioeconómicos acoplados (MGAP-FAO, 2013).

La capacidad de los ecosistemas para suministrar servicios a los seres humanos depende de su integridad o salud (Anderson *et al.*, 2010). Sin embargo, la presión antrópica ha deteriorado su resiliencia debido a la explotación masiva de los bienes naturales. En este caso, la transformación de ecosistemas en agroecosistemas ha cambiado la capacidad de suministro de los servicios de regulación, y como se mencionó con anterioridad la variabilidad climática afecta el patrón de precipitación, temperatura, velocidad del viento y por ende la disponibilidad hídrica lo que genera dificultades en cultivos de plátano.

Dada la morfología de la planta de plátano e hidratación de sus tejidos, esta requiere abundante cantidad del agua disponible en el suelo para que su crecimiento y desarrollo sucedan normalmente. Las necesidades hídricas de un cultivo se basan en la superficie foliar transpirante, siendo entonces, el cultivo de plátano más exigente en sus requerimientos de agua que otras especies (Castaño *et al.*, 2011). De acá que el plátano sea sensible a la falta de agua en todo su ciclo de vida, especialmente en el inicio de la etapa vegetativa, en la floración y formación del racimo (Ramírez, 2004; Almansa, 1994).

Consecuentemente, la variedad de plátano y el arreglo espacial y cronológico al que se someta el cultivo tiene injerencia en la disponibilidad de agua para el desarrollo de la planta. Relacionar el estrés hídrico sufrido por la planta cuando ocurren cambios en la variabilidad climática es de relevancia para adoptar medidas que disminuyan la baja productividad del cultivo y la afectación al sistema natural y social.

En este sentido, los impactos de las tendencias climáticas determinan la importancia de emprender acciones coordinadas sobre el territorio, dado que los cambios en las partes altas de las subcuencas que la conforman, afectarán también las actividades en zonas media y baja, así mismo en la población y los diferentes sectores productivos.

Asociado con esto, la importancia de estudiar las tendencias de precipitación y los posibles cambios futuros en el clima, para próximas investigaciones se requiere de la estimación de los cambios de magnitud e intensidad de la precipitación a menor escala (diaria y horaria) (Puertas *et al.*, 2011). De acuerdo con lo anterior, se hace necesario investigar los efectos de la variabilidad climática en sistemas de producción específicos como lo es el cultivo de plátano en el eje cafetero colombiano para identificar el impacto de estos sistemas en los servicios ecosistémicos de regulación y así proponer estrategias para adaptarse a estos cambios.

De tal manera, la consolidación de bases de datos y la formulación de estrategias para disminuir la vulnerabilidad a la variabilidad climática es un elemento de planificación territorial importante en esta zona de los Andes Colombianos, en donde los efectos en los cambios del clima día tras día generarán mayores impactos en los sectores productivos y en la forma de habitar el territorio. El impacto neto de la variabilidad y el cambio climático en la producción de alimentos es complejo e incierto (FONADE e IDEAM, 2013). Si bien algunas zonas presentarán incremento en sus rendimientos, otras tendrán disminución, según el tipo de cultivo, tecnologías aplicadas y grado de vulnerabilidad, entre otros factores. Estudios recientes reportan aumento y disminución en los rendimientos de algunos cultivos en Latinoamérica durante las fases extremas del fenómeno ENOS (Niña y Niño) por diversos factores: acortamiento del ciclo productivo, aumento de la temperatura o aumento en las necesidades de agua, afectando la relación rendimiento/uso de agua (Carvajal, 2010). Estos efectos positivos o negativos redundan en la alteración de los servicios ecosistémicos que puedan brindar al transformarse la disponibilidad de agua para la planta, la producción primaria y los beneficios que preste el medio para la vida.

Según Puertas *et al.* (2011) se debe involucrar a los actores locales en estas investigaciones, quienes pueden aportar su conocimiento local y percepciones sobre el clima, para evaluar la vulnerabilidad y diseñar prácticas de adaptación a la variabilidad climática que incidan en la toma de decisiones y las políticas públicas, especialmente en los sistemas de media y alta montaña, en la cordillera de los Andes colombianos.

La adaptación a la variabilidad climática debe ser parte de los planes de desarrollo y para diseñarla se requiere elaborar estimaciones de la vulnerabilidad presente y futura. Una forma útil y simplificada de pensar en la vulnerabilidad es en función de los impactos y la adaptación (Magaña, 2008). En función de los impactos depende de la exposición del sistema al clima y su sensibilidad, mientras que la adaptación depende de la capacidad del sistema para reducir su vulnerabilidad y del uso que se haga de esta capacidad.

Las medidas de gestión del riesgo, ordenamiento territorial, gestión del recurso hídrico, mejoramiento de los modos de vida e iniciativas del desarrollo han sido las herramientas de éxito para la adaptación. Por lo tanto, lo anterior explica el surgimiento del tercer enfoque para evaluar la utilidad o éxito de las prácticas de adaptación que responde a la necesidad de comprender y evaluar las interacciones entre los sistemas socio-ambientales y el diseño de alternativas sustentables en el contexto de la gestión de los recursos naturales y el desarrollo sostenible (Carvajal y Quintero, 2008). Históricamente, las sociedades fueron entendiendo cada vez más la variabilidad climática y sus efectos; además, aprendieron a modificar su comportamiento y su entorno, para disminuir los efectos negativos de los eventos climáticos y aprovechar las ventajas aportadas por sus condiciones climáticas locales. De esta manera, el aprendizaje social constituye la base de la adaptación planificada (Vides-Almonacid, 2014). Consecuentemente, analizar el tipo de prácticas de manejo realizado a los diferentes



arreglos de cultivo de plátano será fundamental para identificar la vulnerabilidad a la variabilidad climática al igual las potencialidades para adaptarse.

Los enfoques propuestos son coherentes con el oficio profesional del Administrador Ambiental, pues se indaga como gestor de situaciones problema relacionadas con el cambio y la variabilidad climática respectivamente desde una visión holística e interdisciplinaria tomando en cuenta a las comunidades locales y los sistemas de los cultivos de plátano generando elementos esenciales para la formulación de escenarios de planificación local y regional de la interacción entre la cultura y la naturaleza. Para ser coherente con el problema propuesto se formularon los siguientes objetivos:

## **OBJETIVOS**

### Objetivo General

Establecer la relación de la variabilidad climática con los servicios ecosistémicos de regulación en diferentes arreglos de plátano para emplearlo como herramienta de planificación en la adaptación a este fenómeno en el municipio de Armenia, Quindío.

### Objetivos Específicos

- Evaluar por medio de una caracterización climática los registros históricos de precipitación y temperatura del municipio de Armenia los cuales contribuyan con el análisis de la variabilidad climática de la zona de estudio.
- Determinar las variaciones climáticas (precipitación y temperatura) en dos bandas altitudinales y su relación con los servicios ecosistémicos de regulación en los diversos arreglos de plátano.

- Diseñar con participación de los agricultores herramientas de adaptación a la variabilidad climática para el fortalecimiento de la resiliencia de los agroecosistemas plataneros del Quindío.

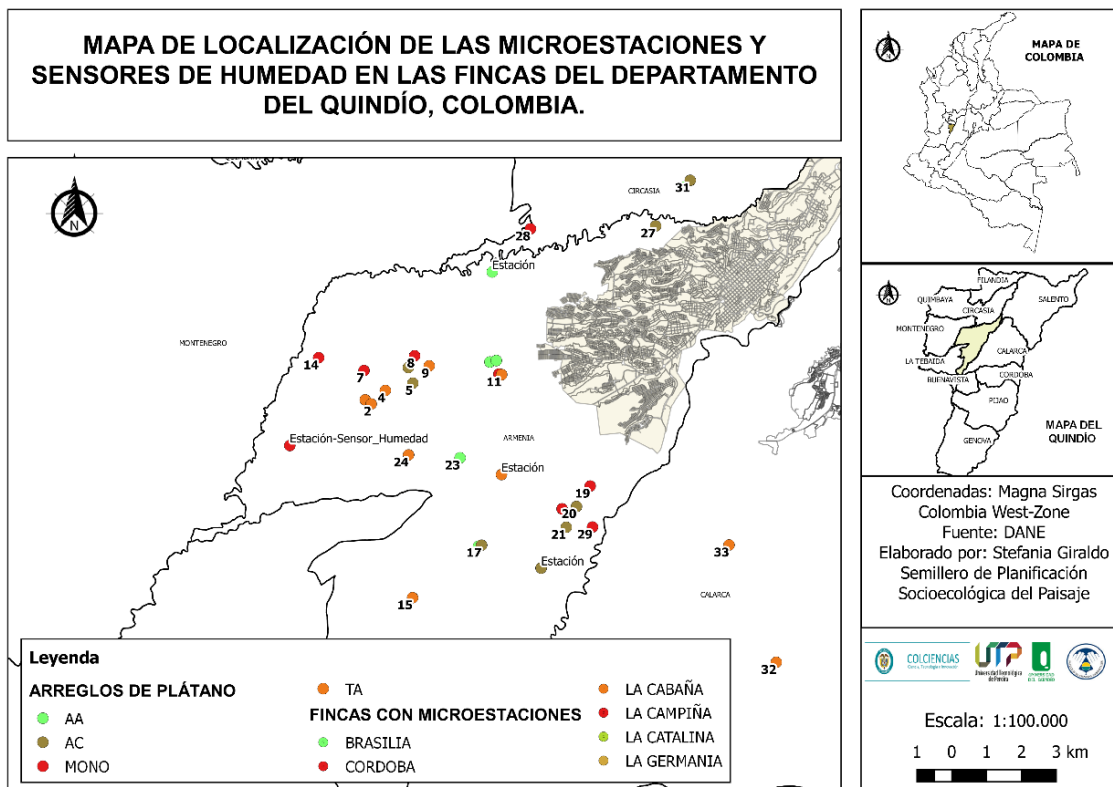
## 1. METODOLOGÍA

### 1.1. Área de estudio

El área se localiza en el centro-occidente de Colombia en el municipio de Armenia, departamento del Quindío, que cubre 250 km<sup>2</sup> (6,28% del área total del departamento) y tiene una densidad de población de 321378 habitantes, con 1285 hab/km<sup>2</sup> (DANE, 2005); el área total del municipio es de 0.12241 km<sup>2</sup>, ocupando en el área urbana 0.02357 km<sup>2</sup> (19.25%) y el área rural 0.09884 km<sup>2</sup> (Alcaldía de Armenia, 2008).

Se sitúa entre 1000 a 2000 msnm, con precipitación entre 2000 mm a 2200 mm y temperatura media anual de 18 a 24 °C y evapotranspiración de 1100 mm a 1200 mm (IGAC).

Los suelos en la región son profundos, bien drenados, fuertemente ácidos, con fertilidad baja, moderadamente superficiales, limitados por fragmentos de roca. Pertenecen a la Consociación El Roble *Acrudoxic Hapludands*, familia medial mezclada, isomésica *Typic Hapludands*; la Consociación El Cafetal *Typic Hapludands*, la Consociación Membrillal *Acrudoxic Hapludands* y la Consociación Padilla *Typic Dystrudepts* (IGAC, 2010).



**Figura 1. Área de estudio. Fuente: Autor**

### 1.2. Selección de los sitios de muestreo

Se seleccionaron 33 fincas en la zona rural del municipio de Armenia, de acuerdo a la metodología propuesta en el marco del proyecto “*Servicios ecosistémicos generados por diversos arreglos del cultivo de plátano en el Eje Cafetero Colombiano*” (Feijoo *et al.*, 2014). En las fincas escogidas se cultiva plátano en cuatro arreglos diferentes: plátano tradicional asociado con café tradicional, sin distancias ni trazos definidos, ni fertilización y pocas labores agronómicas; plátano asociado con café, en barreras con distancias definidas y manejo agronómico significativo; plátano monocultivo con manejo agronómico permanente, sin trazos y resiembras frecuentes; plátano monocultivo tecnificado, con manejo agronómico, trazo definido y renovación cada 5 a 6 años.

Sin embargo, para el presente trabajo se realizó dos selecciones específicas de las fincas. En primera instancia se definieron las fincas en donde se instalaron las microestaciones climáticas (pluviómetro, sensor de temperatura y de humedad) y posterior a ello en las que se desarrollaría el trabajo de campo con el fin de dar cumplimiento al tercer objetivo:

### **1.3. Selección de fincas para la instalación de microestación climáticas**

Principalmente se utilizó la altura sobre el nivel del mar como criterio fundamental. En este sentido, dado que el municipio de Armenia se dividió en un mapa en dos bandas (zona baja, 1000 a 1500 msnm y zona alta, 1501 a 2100 msnm) para la selección de las 33 fincas; se partió de allí para escoger las fincas ubicadas a mayor y menor altura así como aquellas en los intermedios que posibilitaran tener un aproximado a la realidad de los datos climáticos apropiada para el análisis requerido en la presente investigación.

Consecuentemente, se verificó si los propietarios de las fincas estaban dispuestos a permitir la instalación de los equipos en sus predios y se analizaron los lugares más apropiados de acuerdo a las condiciones necesarias para una toma de datos adecuada. En la siguiente tabla se presentan las fincas seleccionadas mediante la metodología en mención.

**Tabla 1. Fincas seleccionadas para la instalación de microestación climática**

| <b>Finca</b> | <b>Arreglo<sup>1</sup></b> | <b>Altura<br/>(msnm)</b> | <b>Categoría<br/>altitudinal</b> | <b>Equipo</b> |
|--------------|----------------------------|--------------------------|----------------------------------|---------------|
| 1            | MONO                       | 1197                     | Baja                             | PV,SH,ST      |
| 2            | TA                         | 1270                     |                                  | PV,ST         |
| 3            | AC                         | 1294                     | Media                            | PV,ST         |
| 4            | AA                         | 1292                     |                                  | PV,ST         |
| 5            | AC                         | 1436                     | Alta                             | PV,SH,ST      |
| 6            | MONO                       | 1336                     |                                  | PV,SH,ST      |

\*PV: Pluviómetro, SH: Sensor de humedad, ST: Sensor de temperatura

**Fuente: Autor**

#### **1.4. Selección de fincas para trabajo de campo.**

La selección de las 12 fincas en las cuales se desarrolló el trabajo de campo consistió inicialmente, en la definición de criterios de evaluación conforme con la información disponible en la base de datos de las 33 fincas pre-seleccionadas. Los criterios elegidos fueron: tipo de arreglo, años de tenencia de la finca, clase de adquisición del predio, encargado de las labores agrícolas y presencia de microestación climática.

En primera instancia, el criterio tipo de arreglo cubre la necesidad de distribuir equitativamente las fincas en los cuatro tipos de arreglo evaluados, con el propósito de obtener representatividad en la muestra para cada uno; el segundo criterio es importante

---

<sup>1</sup> MONO: Monocultivo, AC: Asociado con café, AA: Asociado con aguacate, TA: Tradicional arbóreo

por el tiempo de adquisición del predio (años de tenencia) el cual permite inferir sobre conocimientos relacionados con transformaciones en las coberturas, labores culturales y de campo al interior de las fincas. El tercer criterio corresponde con el tipo de adquisición del predio, que puede representar la tradición campesina a través de la herencia o el interés económico por la tierra si ha sido obtenida vía parcelación por parte de entidades gubernamentales. Luego, identificar quién se encarga de las labores de campo es esencial para el desarrollo de estrategias de planificación y manejo del cultivo de acuerdo con el conocimiento y experiencia de la persona quien toma las decisiones al interior de la finca. Finalmente, la presencia de microestación climática corresponde con el requerimiento de ubicar las estaciones de monitoreo en dos rangos altitudinales de tal forma que se logre la representación óptima de las variables a medir dentro de los predios.

Posterior a la selección de los criterios, se asignaron categorías de clasificación, su respectiva valoración cuantitativa, y su peso dentro del sistema de calificación. El cuadro a continuación manifiesta la categorización de los criterios utilizados y su clasificación. (Anexo 1. Tabla 1).

En este sentido, los predios (6) en los cuales se establecieron las microestaciones climáticas, bajo la consideración de los propietarios y la revisión preliminar de las condiciones para su funcionamiento, fueron seleccionados directamente. Las demás se evaluaron con base en los criterios establecidos, teniendo en cuenta que la selección arrojará cuatro fincas por cada arreglo de cultivo. Por lo tanto, se estableció un rango para determinar los sitios más pertinentes con respecto a la calificación asignada para la selección (Anexo 1. Tabla 2 y 3)

**Tabla 2. Fincas seleccionadas**

| N° | Categoría<br>Arreglo |
|----|----------------------|
| 1  | TA                   |
| 3  | MONO                 |
| 11 | TA                   |
| 13 | AA                   |
| 14 | MONO                 |
| 18 | AC                   |
| 19 | MONO                 |
| 22 | AC                   |
| 23 | AA                   |
| 25 | TA                   |
| 26 | AA                   |
| 27 | AC                   |

**Fuente: Autor**

### **1.5. Caracterización climática de los registros históricos de precipitación y temperatura en el municipio de Armenia**

Los registros utilizados para la aplicación de la metodología fueron extraídos del modelo WEAP realizado para la cuenca del Río La Vieja y el Río Otún a cargo de la Red Hydroclimatológica de Risaralda, Universidad del Quindío, Universidad Tecnológica de Pereira y la Corporación Autónoma Regional del Quindío (CRQ). Para ello por medio de las coordenadas de las 33 fincas estudiadas se estableció el rango de inferencia altitudinal identificando cuáles de las microcuencas proporcionaban la información de precipitación

y temperatura requerida. En este sentido, la microcuenca del Río Espejo en la curva de nivel 1000 y 1500, así como La Quebrada Cristales en 1000 para precipitación fueron las “estaciones” fuentes de información; en cuanto a la temperatura se utilizó la información de la curva 1000 y 1500.

Al recopilar los registros de 25 años se empleó parte de la metodología implementada en el análisis de la variabilidad climática inter-anual (El Niño y La Niña) en la Región Capital, Bogotá Cundinamarca (Montealegre, 2012). En la cual, se define la información mensual como la base de análisis. Se utilizaron los años que presentaron más de 10 meses de información y aquellos meses con más de 20 días. De igual forma se seleccionaron aquellas series de datos con el total mensual (precipitación) o la media mensual (temperatura). Para el análisis de la variabilidad climática se realizaron los siguientes cálculos de acuerdo a lo propuesto por Montealegre (2012):

- a) Promedio mensual multianual: El promedio multianual se obtiene a partir del promedio aritmético de los valores de precipitación y temperatura anual total de una serie histórica de por lo menos treinta años para cada estación (en este caso solo contábamos con datos de 1985-2010).
- b) Anomalías de precipitación y temperatura: las anomalías son calculadas como la diferencia de un dato cualquiera entre su valor promedio, en términos absolutos.

$$AT = \bar{X}Tmen - TMM$$

Donde:

AT: Anomalía de temperatura.

$\bar{X}Tmen$ : Promedio de la temperatura anual de la serie de datos.

TMM: Temperatura mensual multianual.

$$AP = Pmen - PMM$$

AP: Anomalía de precipitación



Pmen: Promedio de la precipitación anual de la serie de datos.

PMM: Precipitación mensual multianual.

- c) Índice de anomalías de precipitación: se determina por medio de la siguiente relación (IDEAM,2003):

$$I = \frac{PA}{PT} * 100$$

Dónde:

I = Índice de Anomalías de Precipitación

PA = Total de precipitación durante el año de análisis

PT = Precipitación total anual promedio multianual

Las anomalías deficitarias de precipitación se presentan si el índice “I” se encuentra dentro de los siguientes rangos:

- Deficiencia Ligera: 61 – 90%
- Deficiencia Moderada: 31 – 60%
- Deficiencia Severa:  $\leq 30$  %

- d) Histograma de precipitaciones medias multianuales: se realiza por medio de una gráfica en la cual se expresan todos los promedios mensuales multianuales para identificar los meses de mayor y menor precipitación.
- e) Tabla comparativa fenómenos niño-niña: por medio de la información suministrada por IDEAM (Montealegre, 2012) se hizo un análisis de las tendencias de precipitación y temperatura en presencia de fenómenos niño y niña.

## **1.6.Relación variabilidad climática, servicios ecosistémicos de regulación en los diferentes arreglos**

Se tomó la metodología propuesta por Feijoo *et al* (2014) para el proyecto “*Servicios Ecosistémicos generados por diversos arreglos de plátano en el Eje Cafetero Colombiano*” para dar respuesta al objetivo dos del presente trabajo. De acuerdo a la necesidad de medir las variables climáticas, se establecieron dos bandas de elevación altitudinal zona baja y alta. Los rangos altitudinales se demarcaron de acuerdo a la ubicación de las fincas, por lo tanto, la zona baja comprendió las fincas localizadas entre 1197- 1300 msnm y la zona alta respectivamente entre 1300 – 1436 msnm. En este sentido, se instalaron en seis fincas obedeciendo que la distribución de microestaciones en la zona baja fue mayor dado que el número de fincas ubicadas en este rango altitudinal era superior (23 fincas) comparado con la zona alta (10 fincas). Las microestaciones climáticas instaladas estaban compuestas por pluviómetros con precisión de 0.2 mm y sensores de temperatura<sup>2</sup> con una frecuencia en la toma de datos de una hora, así mismo, tres sensores de humedad del suelo que registraban cada 10 minutos, ubicados en las fincas La Catalina, La Campiña y Córdoba. Estos instrumentos de medición se colocaron en gradientes altitudinales diferentes para hacer una toma de datos consistente con las variaciones durante 1 año (Julio 2016- Agosto 2017) de muestreo. La instalación de los pluviómetros se hizo en conformidad con el estándar de altura al piso y zona libre a explosión de registro de lluvia definida por la organización meteorológica mundial OMM,

---

<sup>2</sup> Referencia de equipos: Microestación HOBO H21-002; Sensor de humedad del suelo DECAGON DEVICES S-SMD-M005 10HS soil moisture smart sensor; Datalogger para pluviómetros HOBO AU-003-64; Pluviómetro DAVIS PART #: 07852 rain collector.

utilizando bases metálicas adosadas a columnas o estructuras de cemento que sobresalían en las viviendas o infraestructura de almacenamiento de las fincas. De esta manera el sensor de temperatura por medio de un soporte que lo protege del agua y la radiación directa se sujetó de la base metálica. En el caso del sensor de humedad se ubicó en un lugar aleatorio dentro del arreglo; posteriormente, se retiró parte de la cobertura vegetal y se realizó un hoyo de 10 cm de profundidad y 10 cm de ancho aproximadamente para insertar el sensor de humedad dentro del orificio realizado en forma vertical o inclinada. Subsecuentemente, se cubrió el sensor con la cobertura retirada con anterioridad para evitar la radiación solar directa. Finalmente, la captura de la información de precipitación, temperatura y humedad registrada por las microestaciones climáticas se llevó a cabo con el uso de Datalogger en los cuales se hicieron descargas mensuales por medio del software HOBOWore pro. (Feijoo *et al*, 2014)

Los datos generados por cada punto instrumentado se analizaron mediante estadísticas descriptivas (media, máximo, mínimo). En ese sentido, se hicieron comparaciones gráficas precipitación vs temperatura para analizar la variabilidad. Además con los resultados obtenidos en los muestreos de física de suelos del proyecto “*Servicios ecosistémicos generados por diversos arreglos del cultivo de plátano en el Eje Cafetero Colombiano*” (Feijoo *et al*, 2014) en las fincas donde se instalaron los sensores de humedad se pudo hacer una correlación del contenido de agua almacenado de acuerdo a las características del suelo y aplicar el coeficiente de correlación de Pearson mediante el Software Infostat v2016 (Di Rienzo *et al.*, 2016) para identificar la relación lineal entre el contenido de humedad y la precipitación (Valor de mayor correlación cercano a 1) (Balzarini *et al*, 2008). Las variables empleadas se sometieron a la prueba de normalidad Shapiro Wilks antes de ser sometidas al análisis de correlación.

Posteriormente, se interrelacionó por medio de un cuadro comparativo el impacto que tienen los cambios en las variables climáticas con respecto a la prestación de servicios ecosistémicos de regulación identificados en las fincas con base en estudios realizados por otros autores en cultivos de plátano.

### **1.7. Diseño de herramientas de adaptación a la variabilidad climática de acuerdo a la vulnerabilidad presentada.**

Se emplearon diferentes técnicas de acercamiento a la comunidad entre ellas está la entrevista semi-estructurada, la observación participante, el diálogo y la conversación informal, las cuales en otros proyectos de investigación (Zúñiga, 2006; Murillo, 2010) con agricultores generaron aceptación. En este sentido, en las fincas seleccionadas (Tabla 2) se aplicó el formato de entrevista semi-estructurada diseñado con base en el utilizado por Pinilla *et al* (2012) para determinar las percepciones de los campesinos respecto a la variabilidad y el cambio climático. De esta manera, se realizaron 8 visitas por finca en el cual se empleó las otras técnicas mencionadas con los propietarios de las unidades prestadoras de servicios con el fin de recolectar información crucial orientada a identificar los conocimientos tradicionales relevantes para generar propuestas de solución a la vulnerabilidad del agroecosistema que posteriormente se convertirán en herramientas de adaptación a la variabilidad climática.

Los espacios de diálogo donde los miembros de las unidades prestadores de servicios (UPS) o fincas, desde sus conocimientos tradicionales propongan estrategias de adaptación son cruciales dado que según Vides-Almonacid (2014) el conocimiento tradicional es una fuente nutritiva que permite identificar y definir umbrales de cambio, como lo vemos en los diferentes estudios de caso; tales como los límites de degradación de suelos. El conocer estos umbrales permite reducir una de las fuentes de incertidumbre

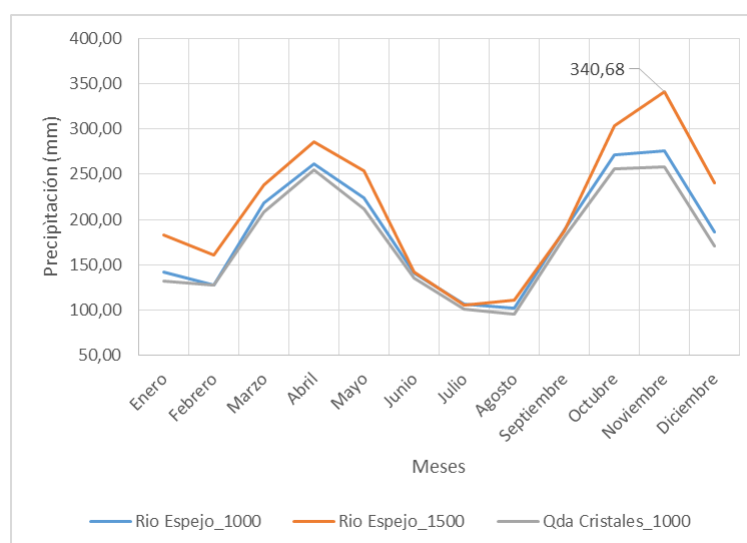
e incrementar nuestra resiliencia como sociedad, por lo que el potencial de escalamiento podría ser significativo si se complementa adecuadamente con el conocimiento científico.

Los resultados de las entrevistas semiestructuradas se tabularon por medio de gráficas en excel para determinar cuál es la percepción de los campesinos y la predominancia de los conocimientos tradicionales para de allí seleccionar las estrategias pertinentes. Además se revisó las propuestas generadas por Díaz (2014) en el “Estudio de la variabilidad climática y los agroecosistemas cafeteros desde la dinámica de sistemas” ;Turbay *et al* (2013) “Adaptación a la variabilidad climática entre los caficultores de las cuencas de los ríos Porce y Chinchiná, Colombia” y Pradilla (2016) “Análisis ambiental de las prácticas campesinas de resiliencia a la variabilidad y el cambio climático en fincas ecológicas del altiplano Cundiboyacense – Colombia” para adaptarlas al escenario del proyecto. Finalmente, los resultados del proyecto fueron socializados por medio de talleres con los agricultores.

## 2. RESULTADOS

### 2.1. Caracterización climática de los registros históricos de precipitación y temperatura en el municipio de Armenia

Al calcular el promedio mensual multianual del periodo 1985-2010 se pudo observar (Figura 2) que la estación Río Espejo\_1500 presenta los mayores valores de precipitación de la zona lo cual concuerda por estar ubicada en la cota más alta; mientras tanto las estaciones Río Espejo\_1000 y Qda Cristales\_1000 por estar en la misma altura sobre el nivel del mar presentan valores similares. En cuanto a la distribución de las lluvias se observa que en el último periodo de lluvias del año (Sep-Dic) en el mes de noviembre para la estación Río Espejo\_1500 los valores fueron de 340,68 mm, en el caso del mes seco obedeció a la temporada de sequía marcada dando como valor 95,17 mm para el mes de Agosto. Cabe resaltar, que el mes de Noviembre fue el que presentó los valores más altos de precipitación durante los 25 años analizados.



**Figura 2. Distribución de la precipitación anual (1985-2010). Fuente: Autor.**

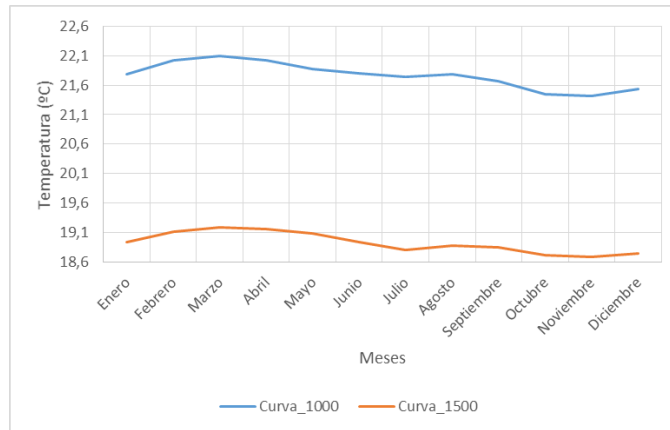
**Tabla 3. Precipitación mensual multianual por estación (1985-2010).**

| Meses      | Rio<br>Espejo_1000 | Rio<br>Espejo_1500 | Qda<br>Cristales_1000 | Promedio mensual<br>multianual |
|------------|--------------------|--------------------|-----------------------|--------------------------------|
| Enero      | 141,71             | 182,83             | 132,19                | 152,24                         |
| Febrero    | 127,65             | 160,54             | 127,47                | 138,56                         |
| Marzo      | 217,98             | 238,61             | 207,90                | 221,50                         |
| Abril      | 261,61             | 285,44             | 254,76                | 267,27                         |
| Mayo       | 223,45             | 253,51             | 211,33                | 229,43                         |
| Junio      | 141,24             | 142,51             | 135,90                | 139,88                         |
| Julio      | 106,20             | 105,10             | 101,45                | 104,25                         |
| Agosto     | 102,37             | 111,48             | 95,17                 | 103,01                         |
| Septiembre | 188,17             | 186,90             | 180,43                | 185,17                         |
| Octubre    | 271,13             | 303,22             | 255,70                | 276,69                         |
| Noviembre  | 276,33             | 340,68             | 258,39                | 291,80                         |
| Diciembre  | 185,87             | 240,40             | 171,32                | 199,20                         |
| Total      | 2243,71            | 2551,23            | 2132,03               | 2308,99                        |

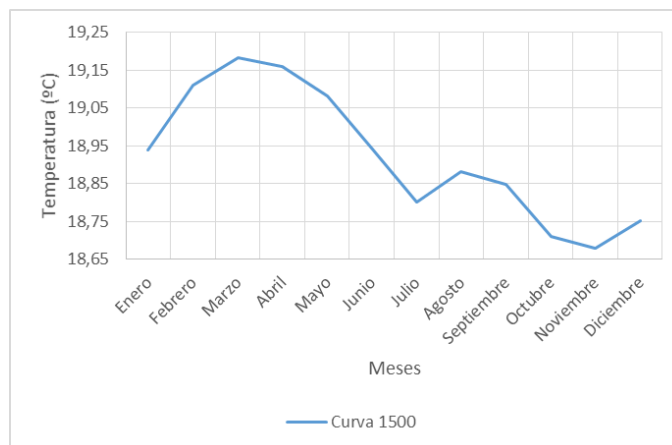
**Fuente: Autor**

Referente a la temperatura (Figura 3) se pudo evidenciar que en el mes de marzo se presentaron las temperaturas más altas del año (1985-2010) concentrándose la temporada de sequía en el primer trimestre del año. Dada la altura de ambas estaciones se denota una diferencia entre cota y cota de aproximadamente 3 grados centígrados. Es necesario resaltar que la estación denominada curva\_1500 presenta mayores variaciones entre los meses de marzo a julio (Figura 3)

donde la temperatura desciende de 19,18 °C a 18,80 °C. En este sentido, se concentra la sequía en los meses de febrero, marzo y abril evidenciando la relación que tiene la temporada de lluvia que inicia en marzo y culmina a principios de junio con el incremento de la temperatura.



**Figura 3. Distribución de la temperatura anual (1985-2010). Fuente: Autor.**



**Figura 4. Distribución de la temperatura anual Curva\_1000 (1985-2010).**

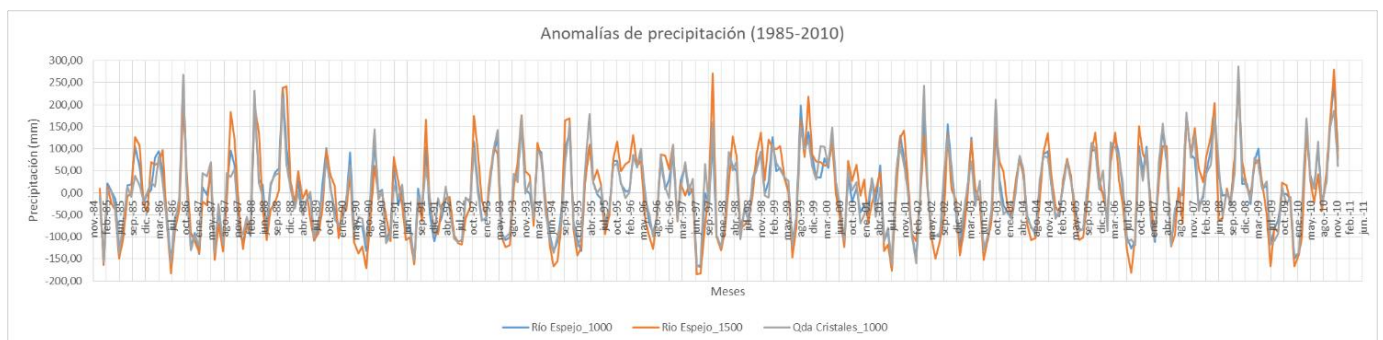
**Fuente: Autor.**



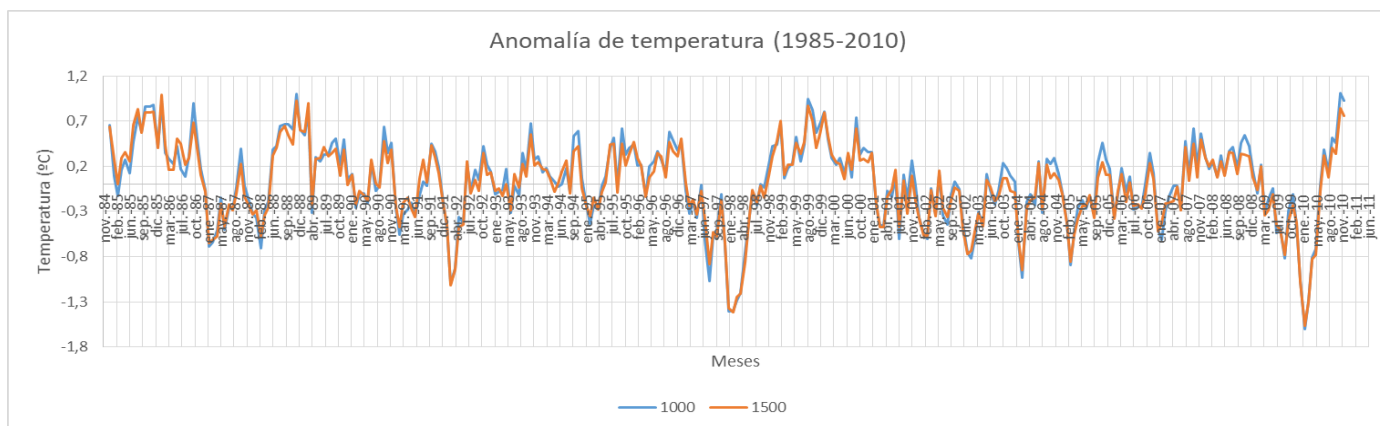
**Tabla 4. Temperatura mensual multianual por estación (1985-2010).**

| Meses      | 1000 °C | 1500 °C | Promedio mensual multianual |
|------------|---------|---------|-----------------------------|
| Enero      | 21,79   | 18,94   | 20,36                       |
| Febrero    | 22,03   | 19,11   | 20,57                       |
| Marzo      | 22,10   | 19,18   | 20,64                       |
| Abril      | 22,02   | 19,16   | 20,59                       |
| Mayo       | 21,88   | 19,08   | 20,48                       |
| Junio      | 21,80   | 18,94   | 20,37                       |
| Julio      | 21,74   | 18,80   | 20,27                       |
| Agosto     | 21,79   | 18,88   | 20,33                       |
| Septiembre | 21,66   | 18,85   | 20,26                       |
| Octubre    | 21,45   | 18,71   | 20,08                       |
| Noviembre  | 21,42   | 18,68   | 20,05                       |
| Diciembre  | 21,53   | 18,75   | 20,14                       |

**Fuente: Autor**



**Figura 5. Anomalías de precipitación (1985-2010). Fuente: Autor**



**Figura 6. Anomalía de temperatura. Fuente: Autor**

El gráfico de anomalías (Figura 6) muestra como a medida de los años la precipitación ha tendido al alza denotándose un incremento en la intensidad y la frecuencia de las lluvias en algunos meses en específico. En este sentido, se reportan varios picos de precipitación positivos entre ellos se destacan Octubre- 1986 (268,54 mm), Abril-1988 (231,57 mm);Diciembre-1988 (242,37 mm); Noviembre-1997 (271,39 mm); Noviembre-1999 (217, 82 mm); Abril-2002 (243 mm); Octubre-2003 (211,28); Noviembre-2008 (287,43 mm); Noviembre-2010 (280,44 mm) Por el contrario, los picos negativos han sido pocos y de menor relevancia entre ellos resaltan Julio-1986 (-182,52 mm); Agosto-1997 (-183,08 mm); Agosto-2006 (-182,31 mm).

Las estaciones empleadas para este estudio siguieron la misma tendencia a pesar de que se encuentran a diferentes alturas. En la figura 6 se pueden identificar varios picos positivos que denotan un incremento significativo de la temperatura, entre ellos se destacan: Febrero-1986 (0,9932 °C); Diciembre-1988 (0,9974 °C); Septiembre-1999 (0,9414 °C);Enero-2000 (0,7932°C); Diciembre-2010 (0,92°C), la mayoría de los aumentos en la temperatura superó los 0,5 °C lo cual inside significativamente en los ciclos vegetativos de los cultivos, entre ellos el plátano. En cuanto a los picos negativos se identifican pocos pero con gran magnitud.Se destacan Marzo-1992 (-1,116 °C);Febrero-1998 (-1,418 °C); Febrero-2010 (-1,567°C).

Consecuente con lo hallado en las anomalías de precipitación en el índice de anomalías de precipitación anual (Tabla 5) se encontró que solo se presentó un déficit ligero de precipitación (61%-90) en el año 1985 en la estación Quebrada Cristales\_1000; 1987 en todas las estaciones; 1989 en Quebrada Cristales; 1990, 1991 y 1992 en todas las estaciones y por último en el año 2002 en la estación Río Espejo\_1500. Cabe resaltar, que el valor más bajo de déficit fue de 72,82%. Por otro lado, en los demás años se presentó un superávit de lluvia hasta de 129,85%.

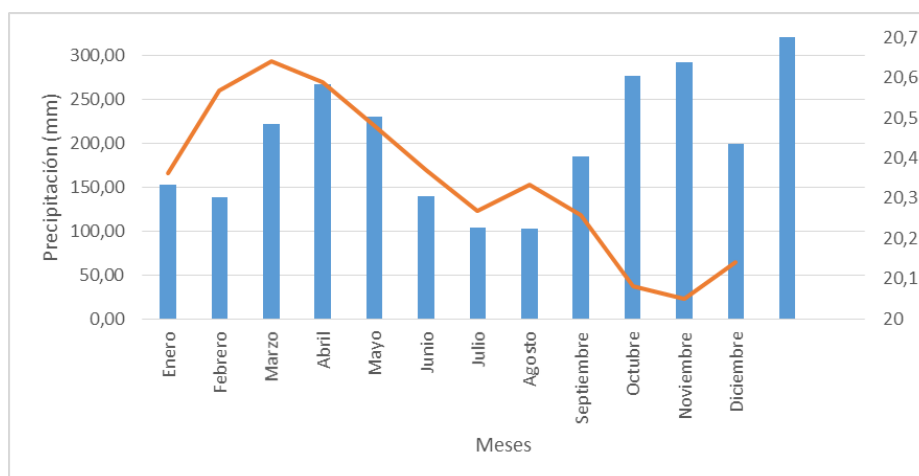
**Tabla 5. Índice de anomalía de precipitación anual.**

| Año  | IA %-RE 1000 | IA %-RE 1500 | IA %-QC 1000 |
|------|--------------|--------------|--------------|
| 1985 | 91,30        | 90,02        | 83,28        |
| 1986 | 102,42       | 100,41       | 98,09        |
| 1987 | 82,59        | 86,61        | 85,83        |
| 1988 | 114,60       | 112,72       | 114,97       |
| 1989 | 93,99        | 96,21        | 89,55        |
| 1990 | 84,24        | 72,82        | 86,25        |
| 1991 | 80,00        | 84,77        | 76,99        |
| 1992 | 78,46        | 84,92        | 79,42        |
| 1993 | 102,33       | 104,43       | 103,94       |
| 1994 | 95,86        | 95,08        | 92,91        |
| 1995 | 97,59        | 102,29       | 104,40       |
| 1996 | 105,82       | 111,12       | 104,37       |
| 1997 | 90,04        | 92,67        | 96,54        |
| 1998 | 100,09       | 101,87       | 99,35        |
| 1999 | 128,52       | 130,82       | 124,99       |
| 2000 | 107,42       | 113,62       | 116,00       |
| 2001 | 95,13        | 95,03        | 90,02        |
| 2002 | 91,20        | 84,89        | 94,84        |
| 2003 | 90,19        | 92,12        | 92,37        |

|      |        |        |        |
|------|--------|--------|--------|
| 2004 | 100,79 | 100,71 | 100,51 |
| 2005 | 101,42 | 100,76 | 101,93 |
| 2006 | 107,38 | 101,78 | 107,43 |
| 2007 | 111,97 | 109,76 | 116,22 |
| 2008 | 129,43 | 129,85 | 128,17 |
| 2009 | 96,23  | 92,30  | 92,11  |
| 2010 | 121,00 | 112,41 | 119,50 |

**Fuente: Autor.**

Continuando con la caracterización climática se identificó por medio de un histograma de precipitaciones (Figura 7) que los meses donde más llueve son marzo, abril, y mayo correspondiente al segundo trimestre del año; y los meses de octubre, noviembre y diciembre en el último trimestre. Además se halló que Noviembre (291,797 mm) es el mes que reporta mayores valores de precipitación en un promedio multianual de todas las estaciones y Agosto el menor (103 mm). En contra parte, las temperaturas promedio en el primer semestre del año son oscilan entre 20,3 – 20,7 °C mientras a final del año entre 20,05 – 20,3 °C.



**Figura 7. Histograma de precipitación. Fuente: Autor.**

Por último, con los resultados obtenidos en las gráficas de anomalía de precipitación y temperatura se hizo una comparación con las tablas de fenómenos Niña-Niño para establecer la relación existente

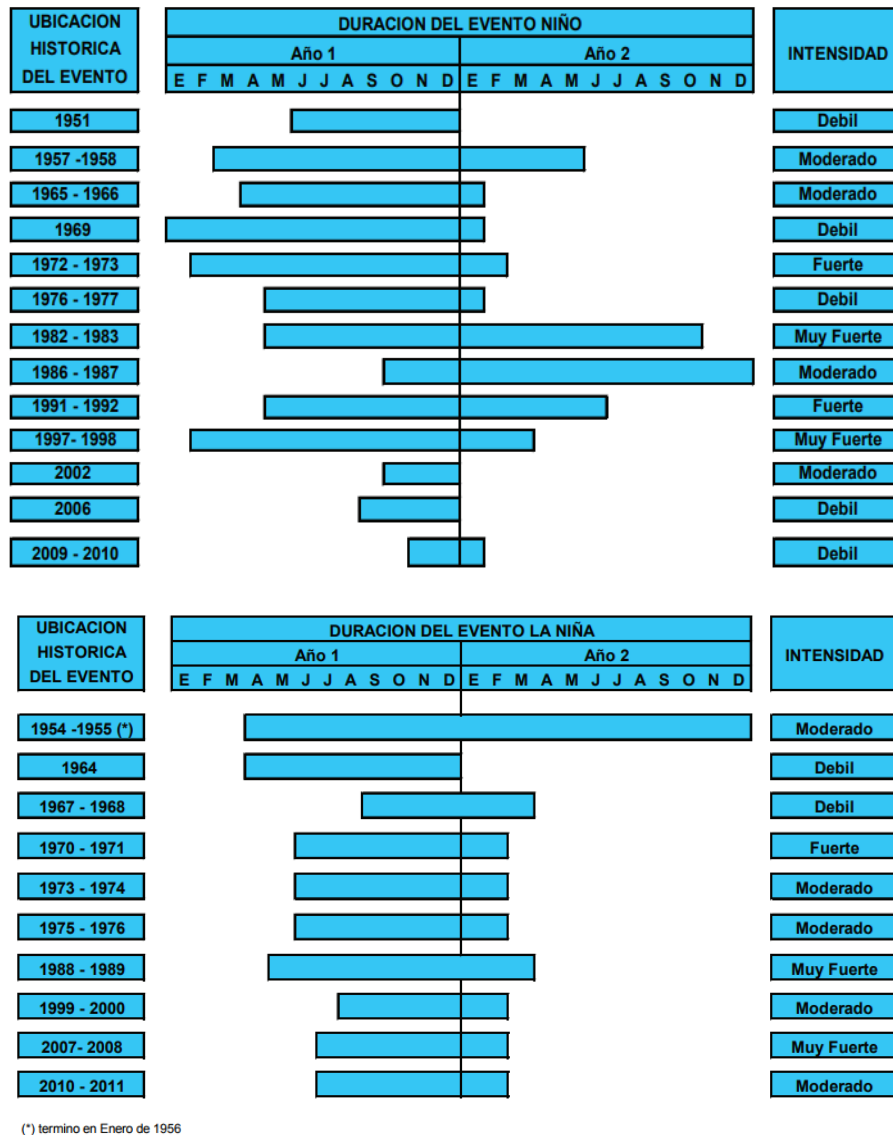
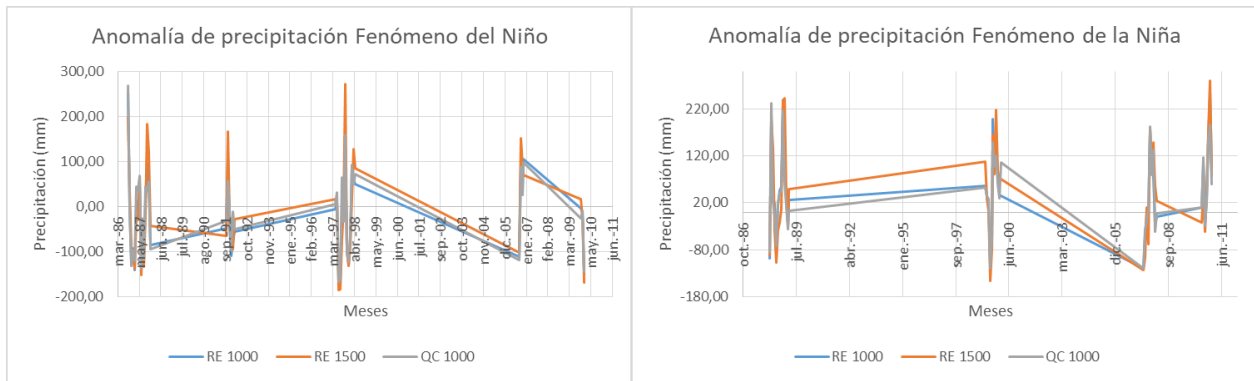


Figura 8. Épocas de ocurrencia de fenómenos El Niño y La Niña. Fuente: Montealegre, 2010.



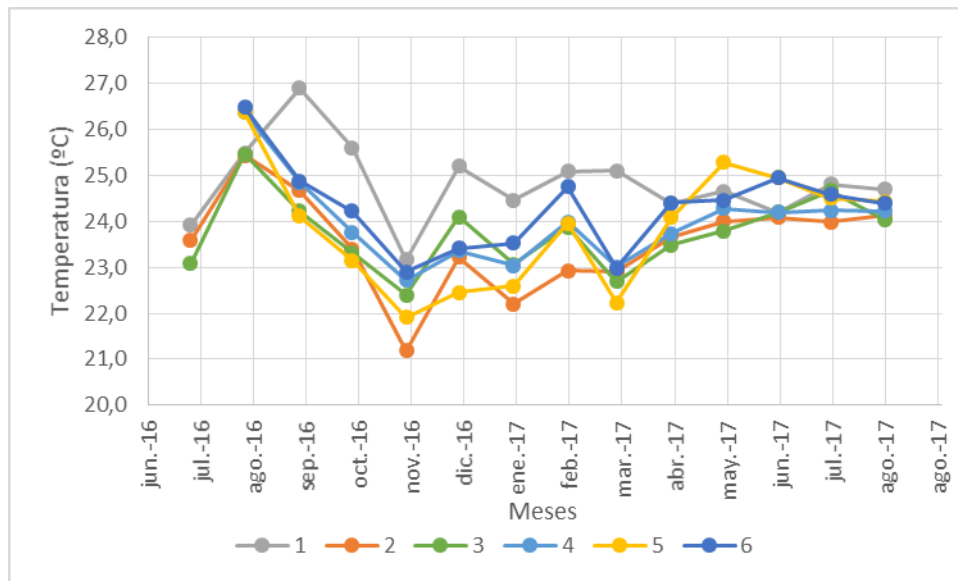
**Figura 9. Anomalías de precipitación en presencia de Fenómenos Niña-Niño. Fuente: Autor.**

Como se puede observar en la figura 9 en presencia de fenómeno del niño la precipitación tuvo un mayor número de registros con excesos de lluvia superiores a los 120 mm que registros con valores inferiores a los 80 mm lo que lleva a deducir que el fenómeno no tuvo efectos mayores sobre los regímenes de lluvia de la zona. Sin embargo, cabe resaltar que en el fenómeno del niño ocurrido entre 1997-1998 si evidenció un impacto relevante provocando una disminución en la precipitación de casi 200 mm. En contraposición, el fenómeno de la niña marco la pauta en el régimen de lluvia alcanzando valores superiores a los 220 mm a pesar de que en pleno fenómeno hubo algunos descensos de precipitación como en marzo-88, julio-99 y junio-07.

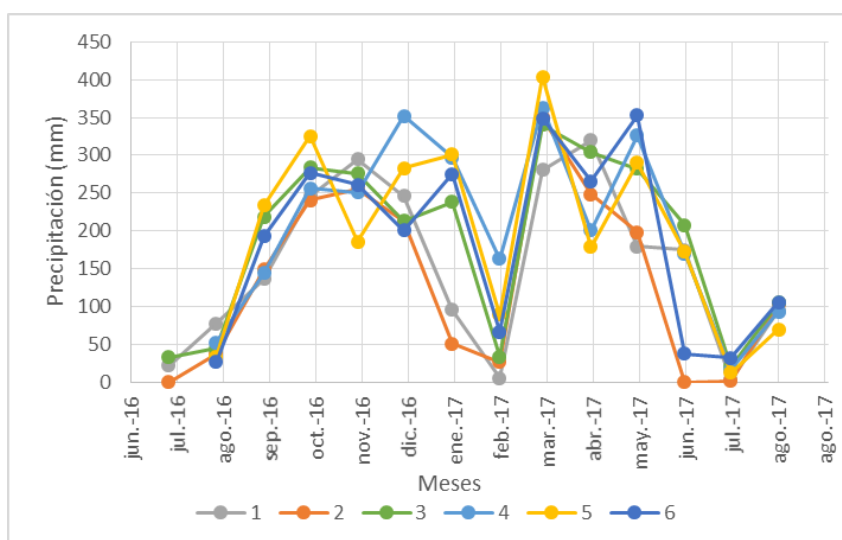
**2.2. Relación variabilidad climática, servicios ecosistémicos de regulación en los diferentes arreglos**

En los datos obtenidos por las microestaciones instaladas en las seis fincas seleccionadas (Figura 11) se halló que la precipitación acumulada entre los meses de julio de 2016 y agosto de 2017 en la finca 4 fue de 2686,8 mm siendo el mayor dato, seguido de la finca 3 con 2598,8 mm, finca 5 con 2579,4 mm, finca 6 con 2442,2 mm, finca 1 con 2175,9 mm y finca 2 con 1873,6 mm. El mes de marzo-2017 tuvo los máximos de precipitación destacándose la finca 5 con 403,8 mm y julio-2017 el mes con valores más bajos entre 1,8 – 32 mm. Se debe resaltar el hecho que las microestaciones se colocaron a diferentes alturas para determinar la relación del régimen de lluvias y los cambios de la temperatura; en este sentido se identifica que la finca 4 a pesar de encontrarse

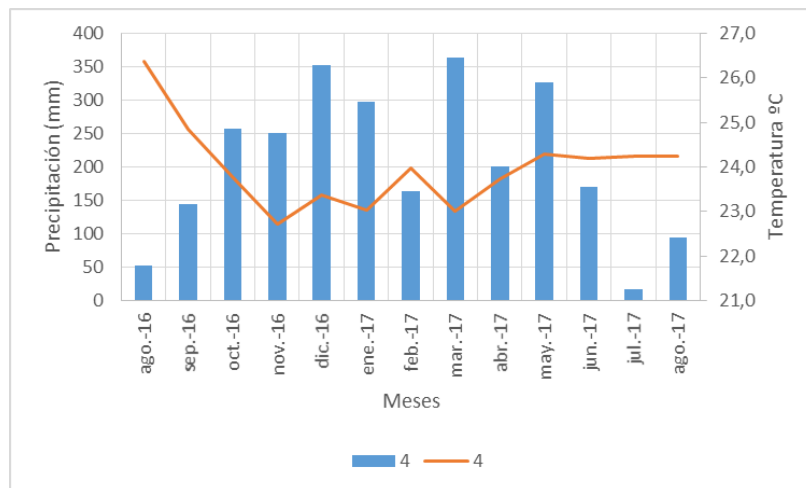
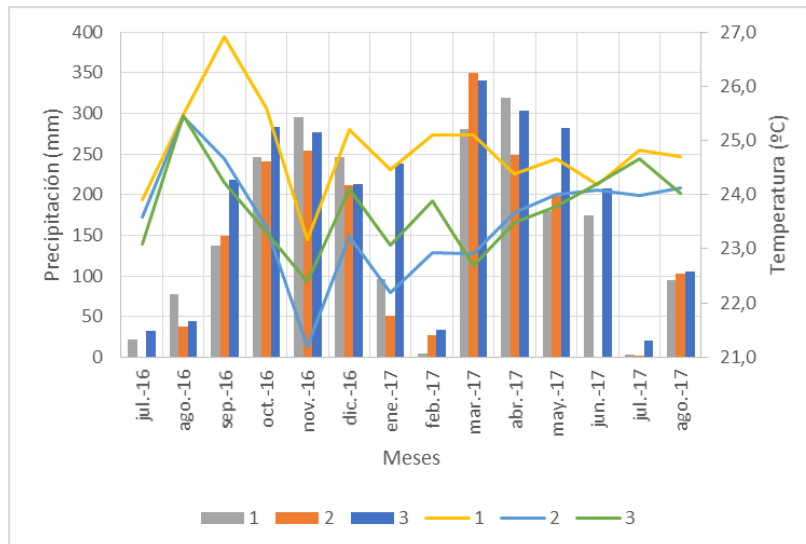
en un rango de altitud bajo presenta los valores más destacados de precipitación aunque la temperatura fue constante. La finca 2 quien tuvo la más baja precipitación mantuvo una temperatura de acuerdo a la tendencia, sin embargo, en el mes de noviembre se evidenció la temperatura más baja (21,2 °C). Mientras tanto, las temperaturas superiores se presentaron en la finca 1 destacándose el mes de Septiembre-2016 con 26,9 °C (Figura 10).



**Figura 10. Temperatura media mensual (2016-2017). Fuente: Autor.**



**Figura 11. Precipitación mensual (2016-2017). Fuente: Autor.**

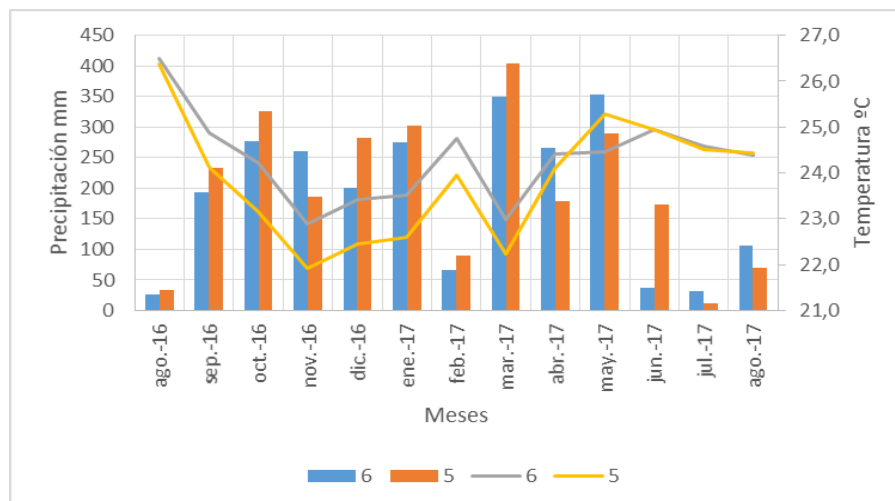


**Figura12 -13. Histograma banda baja. Fuente: Autor.**

De acuerdo a los gráficos 12 y 13 se pudo identificar que en las dos bandas se presentaron similitudes en cuanto al patrón de precipitación y temperaturas; en este sentido la variabilidad climática en estas zonas obedeció al rango altitudinal como tal. En la banda baja la tendencia de la precipitación fue similar, aún se marcan los dos periodos bimodales siendo segundo trimestre del año quien evidenció una alza en los valores. En la finca 4 se presentaron las mayores precipitaciones, destacándose meses como enero de 2017 que presentaron una variación considerable con respecto a los valores de las demás estaciones. La precipitación más baja encontrada en esta banda fue de 0



mm en julio de 2016 en la estación de la finca 2 y la precipitación más alta de 363 mm en la 4. Como se mencionó anteriormente las lluvias se intensificaron en el primer periodo del año, específicamente en marzo y abril con lluvias superiores a las 300 mm. En cuanto a la temperatura, en la finca 1 se alcanzaron valores de temperatura media de 26,9 °C en septiembre de 2016. Consecuentemente las temperaturas medias más bajas fueron en el mes de noviembre en todas las fincas. Siendo la estación 2 quien presentó el valor mínimo, 21,2 °C. En general la temperatura media osciló entre 21,2 °C y 26,9 °C y los meses más calurosos se presentaron en el 2016 entre agosto y octubre. El cambio de temperatura más abrupto fue de octubre a noviembre del 2016 en donde se redujo el valor en más de 1,5 °C en todas las microestaciones de esta banda.

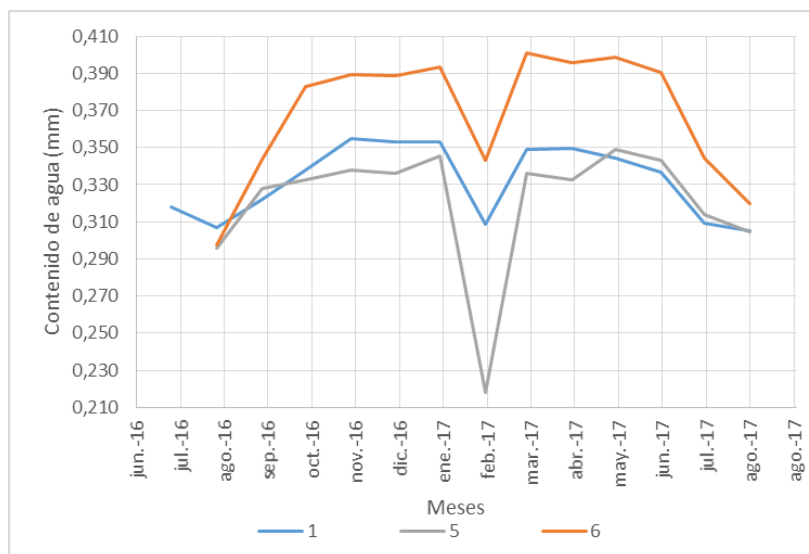


**Figura 14. Histograma banda alta. Fuente. Autor**

En la banda alta los periodos bimodales no fueron tan marcados. La precipitación se mantuvo entre septiembre de 2016 y enero del 2017 con valores que oscilan entre los 190 mm – 270 mm. Luego en el mes de febrero se presentó una reducción drástica que correspondió así mismo con un alza en la temperatura media para dar paso al mes de marzo, el más lluvioso de todo el período de muestreo. Marzo alcanzó valores de 403,8 mm en la finca 5. En esta banda las precipitaciones se concentraron en el último trimestre del año, sin embargo los meses de mayor precipitación fueron

marzo y mayo de 2017. Los meses de menor precipitación fueron agosto de 2016 y julio del 2017. Con respecto a la temperatura, el mes más caluroso fue agosto de 2016 con 26,5 °C en la finca 6 y el de temperatura más baja en noviembre de 2016 con 21,9 ° C.

Consecuentemente, se identificó que las lluvias mayores o iguales a 15 mm por hora (intensidad fuerte)<sup>3</sup> se presentaron entre las 12 am – 3 am y las 2 pm – 11 pm en la mayoría de las estaciones y las lluvias menores a 1 mm ( intensidad débil) 12 am – 8 am y las 2 pm – 11 pm. En el recuento de los eventos de mayor intensidad que se presentaron se halló que entre las 2 pm - 5 pm es donde más se evidencias lluvias fuertes, mientras tanto las de baja intensidad se concentran entre las 12 am – 3 am. Las temperaturas superiores a 30 °C se manifestaron entre las 9 am y 4 pm, mientras las temperaturas inferiores a 15°C entre las 2 am y las 7 am.



**Figura 15. Contenido de agua en el suelo (10 cm profundidad). Fuente: Autor.**

<sup>3</sup> Clasificación de intensidad de lluvia. Moncho, R. (2008). Análisis de la intensidad de precipitación. Método de la intensidad contigua, RAM3, Enero

Posterior al análisis de la precipitación y temperatura se identificó que el contenido de humedad en el suelo durante los meses muestreados fue semejante en las fincas 1 y 6, mientras 5 se destacó en todo el año con valores hasta de 0,4 mm en el mes de marzo. El valor más bajo de contenido de agua en el suelo fue en el mes de febrero en donde drásticamente hubo una reducción en la finca 5 de 0,218 mm. Los contenidos de agua en el suelo fueron acordes a las temporadas de lluvia, por lo tanto, se evidenciaron dos periodos bimodales en donde la concentración del agua en el suelo aumentó. Sin embargo, la conservación de humedad tiene una relación directa con las características físicas del suelo. En este sentido, de acuerdo a la tabla 4 se identifica que la textura no es un factor determinante para marcar la diferencia en este caso puesto que es la misma en las tres fincas. En cuanto a la densidad aparente y la densidad real se encontró una similitud entre la finca 1 y 6. La finca 5 con mayor porcentaje de porosidad es aquella con menor densidad aparente y de ese mismo modo una humedad de campo superior, así como la conductividad hidráulica. Sin embargo, al correlacionar las variables físicas (Tabla 4) con el contenido de humedad (Figura 15) no se destacan los suelos de la finca 5 como el de mayor contenido de humedad a pesar de que presentó las precipitaciones más altas del año y tiene unas características físicas del suelo favorables al igual que un tipo de arreglo de plátano de menor impacto.

La finca 6 presentó los mayores valores de contenido de humedad en el suelo a pesar de no poseer en general las mejores características físicas y tener un manejo más intensivo del cultivo. Cabe resaltar que un factor determinante en el contenido de humedad suelo es la pendiente del terreno, dado que determina la capacidad de infiltración de la zona. En este sentido, los sitios donde se ubicaron los sensores de humedad presentaron pendientes bajas (0 – 10 %) en donde los agricultores manifiestan que no hay problemas de anegamiento. Sin embargo, los valores de pendiente no fueron tomadas en las fincas analizadas en los muestreos realizados lo cual afecta la correlación de la información física del suelo y climática.

**Tabla 6. Variables físicas del suelo.**

| Finca  | Arreglo | Textura | Densidad           | Densidad       | Porosidad<br>total (%) | Humedad<br>de campo<br>(%) | Conductividad                       |                   |                  |                   |
|--------|---------|---------|--------------------|----------------|------------------------|----------------------------|-------------------------------------|-------------------|------------------|-------------------|
|        |         |         | aparente<br>(g/cc) | real<br>(g/cc) |                        |                            | hidráulica<br>saturada<br>(cm/hora) | Macroporos<br>(%) | Mesoporos<br>(%) | Microporos<br>(%) |
| Franco |         |         |                    |                |                        |                            |                                     |                   |                  |                   |
| 1      | MONO    | Arenosa | 0,78               | 2,28           | 65,45                  | 33,54                      | 25,70                               | 31,58             | 8,96             | 24,91             |
| Franco |         |         |                    |                |                        |                            |                                     |                   |                  |                   |
| 6      | MONO    | Arenosa | 0,76               | 2,43           | 68,80                  | 32,41                      | 53,81                               | 41,47             | 5,14             | 22,20             |
| Franco |         |         |                    |                |                        |                            |                                     |                   |                  |                   |
| 5      | AC      | Arenosa | 0,69               | 2,26           | 69,47                  | 45,35                      | 59,72                               | 37,53             | 5,21             | 26,73             |

**Fuente: Autor**

De acuerdo al análisis de correlación de Pearson existe una relación positiva entre el contenido de humedad y la precipitación en la finca 1 de  $p=0,81$ ; la finca 5 de  $p= 0,58$  y la finca 6 de  $p= 0,74$ . Con respecto a lo anterior, la finca 1 mantuvo una correlación directa con el régimen de lluvias en todo el año muestreado con respecto al contenido de humedad del suelo, a pesar de estar bajo un tipo de arreglo productivo de mayor impacto (MONO)

Posterior a la caracterización climática de la zona de estudio se identificaron las afectaciones a los servicios ecosistémicos de regulación por medio de la definición de indicadores y su relación, de tal manera se construyó la siguiente tabla con base en Molina (2017), Zuluaga (2017), López y Gómez (2017) quienes identificaron los servicios de regulación prestados por el cultivo de plátano.

**Tabla 7. Afectación de la variabilidad climática a los servicios ecosistémicos de regulación en cultivos de plátano.**

| <b>Tipo</b>           | <b>Servicio</b>  | <b>Definición del servicio</b>   | <b>Vínculo indicador servicio</b>                   | <b>Indicador</b>                    | <b>Afectación por variabilidad climática</b>                   | <b>Fuente</b>  |
|-----------------------|--|--|---|-------------------------------------|--|--|
| Regulación            | Regulación de la fertilidad del suelo                          | Características químicas que determinan la disponibilidad de nutrientes. | Fertilidad para la producción del plátano (racimo). | Plátano (K, Mg, Mn) meq/100g        | Pérdida de nutrientes por altas precipitaciones y temperaturas | Arellano (2000), Adema et al (2001), Lau et al (2011); Altieri & Nicholls (2009) |
|                       |  | Plátano (K, Mg, Mn)  | Fertilidad plátano                                  |                                     |  |  |
|                       | Fertilidad biomasa   | Biomasa (pH, Ca, Mg, P)  | Fertilidad para la producción de biomasa.           | Biomasa (pH, Ca, Mg, P) meq/100g    |  | Arellano (2000), Adema et al (2001), Lau et al (2011)                            |
|                       | Transporte y drenaje   | Infiltración de agua.  | Drenaje   | Macroporos %                        | Encharcamiento   | Zuluaga (2017).  |
|                       | Estabilidad y soporte físico                                   | Condiciones de anclaje para la planta.                                   | Estructura para el enraizamiento                    | Densidad aparente g/cc Transformada | Volcamiento de las plantas a causa de vendavales               | Parra <i>et al</i> (2001),   |
| Control de la erosión | Regulación de la cantidad de suelos que se pierden por lluvias | Importancia de las pequeñas partículas                                   | Microporos % y AEA 1 a 2 mm                         | Pérdida de suelo por altas          | Lince y Castro (2015),   |  |

|                     |                             |  |  |  |                   |
|---------------------|-----------------------------|--|--|--|-------------------|
| Actividad biológica | Actividad de la macrofauna. | en la cohesión del suelo<br>Aporte de la biomasa de miriápodos a la actividad funcional del suelo. | Biomasa Miriápodos g.pf.m <sup>2</sup> | precipitaciones (erosión laminar)<br>Cambios bruscos en la precipitación y temperatura que incide en la proliferación de plagas y enfermedades | Lau et al (2011), |
|---------------------|-----------------------------|--|--|--|-------------------|

---

Fuente: Autor con base en Zuluaga (2017) , Gómez y López (2016)

### 2.3. Diseño de herramientas de adaptación a la variabilidad climática.

La interacción con los campesinos por medio de las entrevistas semiestructuradas y la observación participante dio como resultado la percepción que tienen los productores de plátano frente a los cambios en el clima, los efectos, los impactos al cultivo y las propuestas de solución ante estos fenómenos. Por ende, ante la pregunta ¿cómo ha sido el clima en los últimos años? (Figura 16) de las 12 fincas seleccionadas el 75 % de estas indicaron que los periodos de sequía han sido más largos en los últimos años, mientras tanto el 58,33% manifiesta que hay un cambio en la intensidad y la frecuencia de las lluvias, denotando que cae mucho agua en poco tiempo. Por otro lado, el 33,33% de los encuestados resalta un incremento en la temperatura en la última década, lo cual es consecuente con la pérdida del ciclo climático que señala el 25% de las personas. Además, el 16,67% reconoce que se ha presentado un aumento en los vendabales, granizadas y huracanes. El resto de las percepciones no tan destacadas mencionan que el clima ha sido muy variado, se presenta un alteración del clima de acuerdo a los pisos térmicos, algunos conciben escasez de lluvia e intensidad de los fenómenos Niño-Niña, así como el aumento en la radiación solar entre otros.

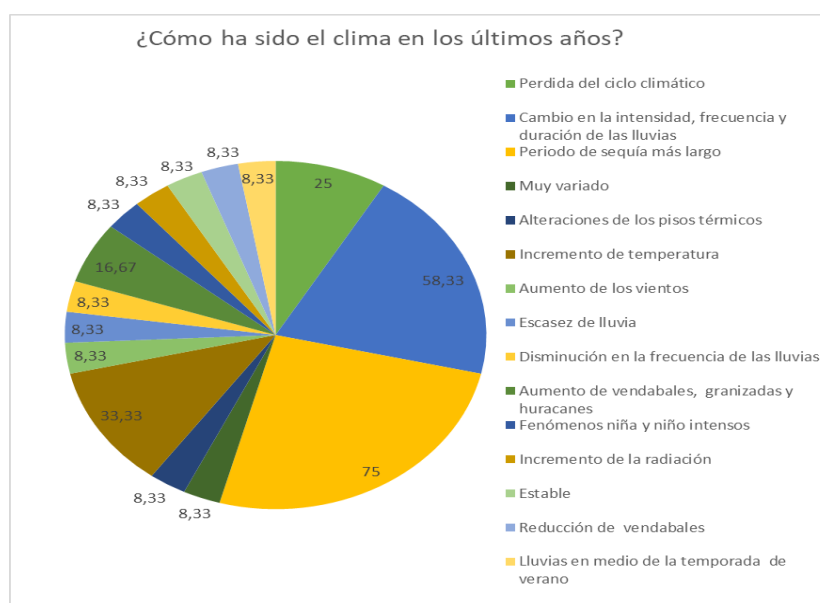
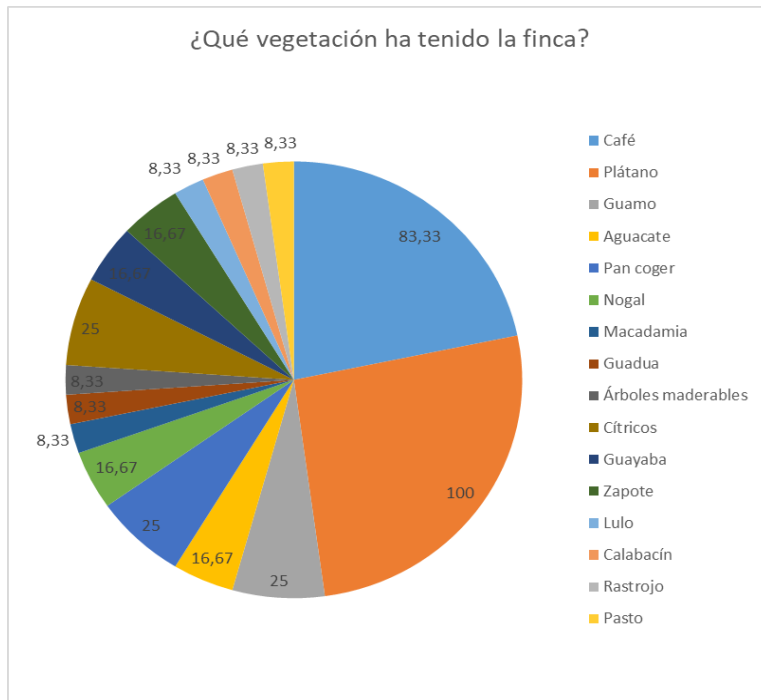
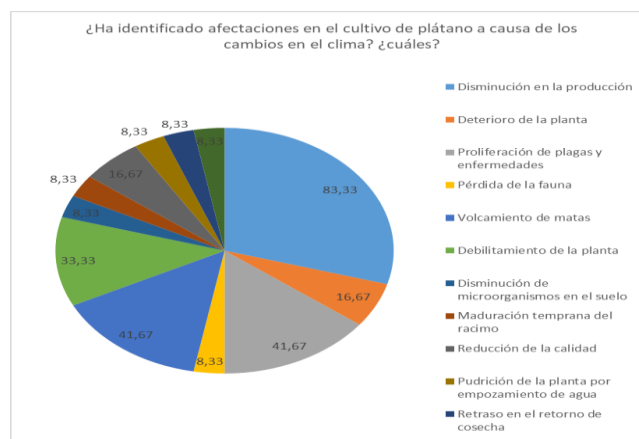


Figura 16. Percepción de los productores frente a la variación del clima. Fuente. Autor



**Figura 17. Cobertura vegetal en las fincas. Fuente: Autor.**

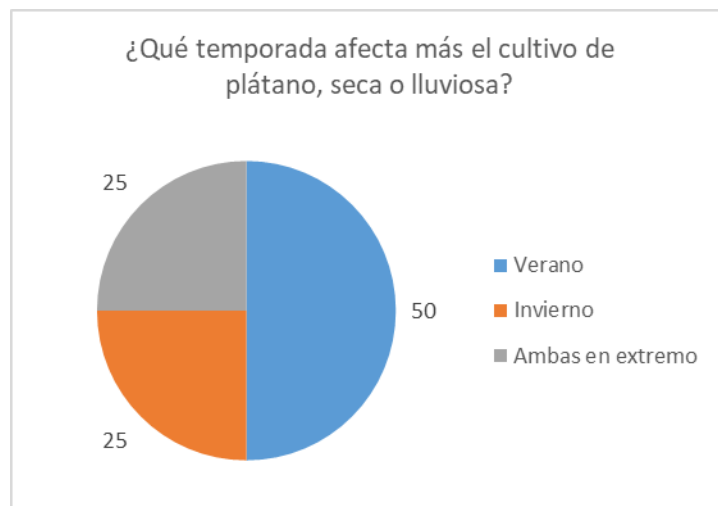
Respecto al tipo de cobertura que han tenido las fincas (Figura 17), el 100% de los agricultores tienen plátano sembrado, seguido de café con el 83,33%; guamo, pan coger y cítricos con el 25%. En cuanto a la vegetación no preponderante se destaca el nogal, aguacate, zapote y cítricos con un 16,67% seguido de la macadamia, guadua, árboles maderables, lulo, calabacín, pastos y rastrojo (8,33%).



**Figura 18. Afectaciones al cultivo de plátano por la variabilidad climática. Fuente: Autor.**

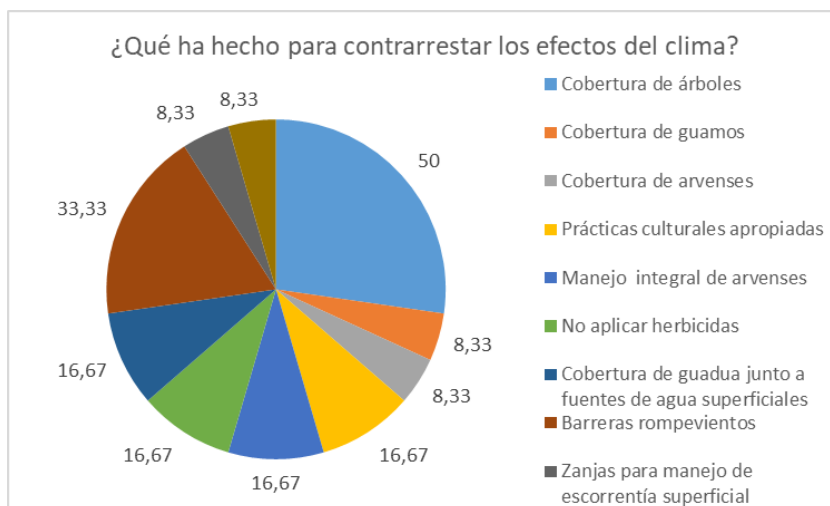


Consecuentemente, los agricultores identificaron que los cambios en el clima (Figura 18) han provocado una disminución en la producción (83,33%) al igual que una proliferación de plagas y enfermedades incontrolable (41,67%) causando un incremento en el uso de agroinsumos para controlarlas. El 41,67% de los encuestados recalca que se ha aumentado el volcamiento de las matas por los ventarrones y vendabales comunes en la zona. Además del debilitamiento de la planta (33,33%) seguido de un deterioro de la planta y de la calidad del racimo (16,67%). Otras afectaciones corresponden a la evidente resequedad en el suelo, la pérdida de fauna y microorganismos, la maduración temprana del racimo, el retraso de la cosecha y por último, la pudrición de la planta en temporada invernal (8,33%).



**Figura 19. Temporada de más afectación al cultivo de plátano. Fuente: Autor.**

De acuerdo a la figura 19 la temporada que más afecta el cultivo es el verano (50%); en un 25% el invierno y ambos fenómenos en extremo (25%). En este sentido, el verano afecta el crecimiento y desarrollo óptimo de la planta, así como del racimo; generando una cosecha temprana pero de baja calidad.

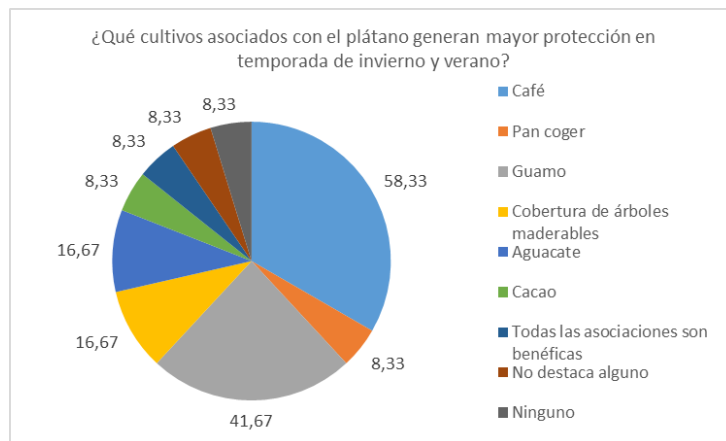


**Figura 20. Acciones para contrarrestar efectos del clima. Fuente: Autor**

De acuerdo con lo anterior, los agricultores emplean las siguientes acciones para contrarrestar los efectos del clima cobertura arborea (50%), barreras rompevientos (33,33%) , manejo integral de arvenses<sup>4</sup> (16,67%), cobertura de guadua junto a las fuentes superficiales (16,67%), no aplicar herbicidas (16,67%), prácticas culturales apropiadas (16,67%), cobertura de arvenses (8,33%) y zanjas para manejo de escorrentía (8,33%). En este sentido, los productores le han dado mayor importancia a emplear estrategias para. minimizar la pérdida de humedad en el suelo y el volcamiento de las plantas las cuales se logran con la cobertura arborea en forma de barrera rompevientos.

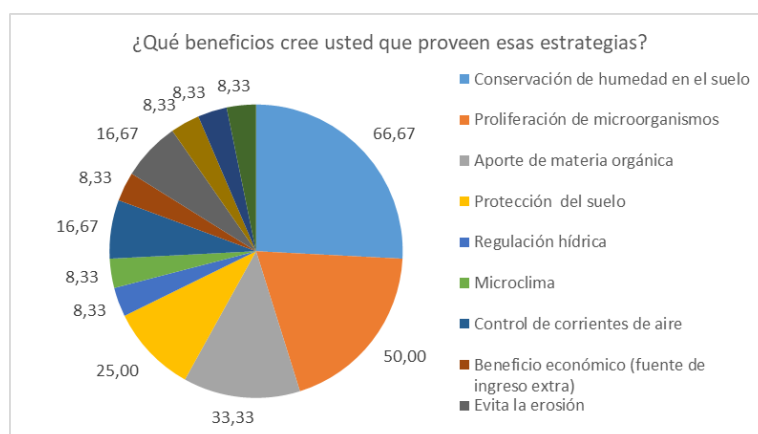
---

<sup>4</sup>De acuerdo a Rivera (1999) el manejo integral de arvenses disminuye los procesos erosivos dado que se dejan aquellas arvenses que amarran el suelo e impiden la pérdida del mismo a causa de la precipitación.



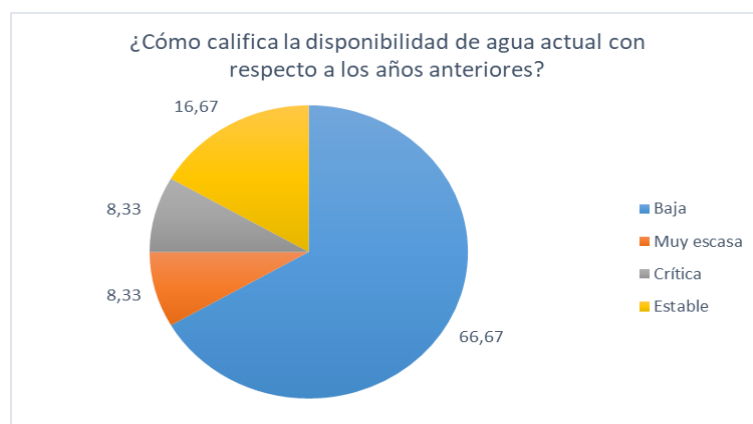
**Figura 21. Asociaciones de cultivos para protegerse de la variabilidad climática. Fuente: Autor.**

Además de las acciones mencionadas con anterioridad las asociaciones de cultivos también son una estrategia efectiva para disminuir los efectos del clima dado que se presenta una relación de simbiosis en el agroecosistema en el que los cultivos asociados se benefician unos a otros ya sea porque actúan como barrera rompeviento, conserva humedad en el suelo o previene la erosión entre otras. Por lo tanto, con un 58,33% el café se destaca por ser uno de los cultivos más utilizados, seguido del guamo con un 41,67%, los árboles maderables 16,67%, aguacate 16,67% y cacao 8,33%. Por otra lado, el 8,33% agricultores consideran que todas las asociaciones son beneficiosas, mientras el mismo porcentaje no destaca ninguno.



**Figura 22. Beneficios de las estrategias de adaptación a la variabilidad climática. Fuente: Autor**

Los productores identificaron que las acciones empleadas para disminuir los efectos de la variabilidad climáticas generaban beneficios como: conservación de humedad en el suelo (66,67%), proliferación de microorganismos (50%), aporte a la materia orgánica (33,33%), protección del suelo (25%), regulación hídrica (16,67%), evita la erosión (16,67%), genera un microclima (8,33%), controla las corrientes de aire (8,33%) y por último es una fuente de ingreso extra (8,33%) en el caso de las asociaciones con árboles maderables.



**Figura 23. Percepción de la disponibilidad de agua actual en la zona. Fuente. Autor**

Por último, se evaluó la disponibilidad de agua actual de acuerdo a la percepción de los agricultores, en la cual se encontró que la mayoría considera una baja significativa en el agua para consumo doméstico, riego y demás actividades (66,67%), el 8,33% de los encuestados lo percibe como crítica y muy escasa, mientras el 16,67% dice que es estable. En conclusión el 83,33% de las personas percibe una disminución en la disponibilidad de agua en los últimos años.

Consecuentemente, se recopilaron las estrategias propuestas encontradas en la literatura dando como resultado la siguiente tabla.

**Tabla 8. Compilación de estrategias de adaptación a la variabilidad climática de acuerdo a investigaciones y las experiencias de los agricultores.**

| Estrategia  | Aplicación  | Beneficio   | Fuente bibliográfica  |
|---|---|---|---|
| Agroforestería  | Siembra de árboles en diferentes distribuciones dentro del cultivo. Especies: Cedros, guamos, pisquines, nogales  | Sostiene la biodiversidad, Requiere menos aplicación de fertilizantes, Regula el efecto erosivo de la lluvia, Conserva la humedad en el suelo, Genera ingresos extras por la venta de madera, Fuente de leña para la cocción de los alimentos, Mejora la estructura del suelo, Baja la temperatura diurna, Protege el cultivo de los efectos producto de los vendavales, Atenúa el efecto de la precipitaciones, Disminuye la luminosidad, Reduce la demanda total evaporativa del suelo y de la evaporación y transpiración del cultivo, Reduce el estrés hídrico, Captura de carbono, Beneficia la polinización, Controla la erosión. | Turbay <i>et al</i> (2014); Galindo <i>et al</i> (2014); Magrin, G (2015); Pradilla, G (2016);Gòmez & Rivera (1993);Bolaños <i>et al</i> (2003);Orozco <i>et al</i> (2008);López <i>et al</i> (2001); |
| Coberturas vegetales  | Se realiza un deshierbe a machete, guadaña u ocasionalmente a mano, sin aplicar herbicidas. El material vegetal de las arvenses se aprovecha como cobertura del suelo y como abono verde. En invierno se deja la cobertura muerta alrededor de la planta y en verano la cobertura viva.   | Conservación del suelo. Mitigan el efecto erosivo del agua. En épocas de intensa sequía conserva la humedad en el suelo. Evitan la evaporación por radiación solar. Disminuyen la temperatura del suelo y el aire a través de la evapotranspiración. Favorecen la microvida del suelo y por ende mejoran la nutrición de la planta.   |   |
| Uso de abonos orgánicos y microorganismos fijadores de nutrientes como las micorrizas | Dentro de los abonos orgánicos más utilizados está la gallinaza comprada en almacenes agropecuarios y el compost que realizan algunos agricultores a partir de estiércol animal y residuos vegetales. Los abonos orgánicos que preparan los mismos agricultores les permiten intensificar el uso de su propia mano de obra, la cual es la mayor riqueza del pequeño agricultor, | Disminuyen los costos de producción. Ayudan a la conservación de los suelos porque aumentan el contenido de materia orgánica. Incrementan la actividad biológica. Permite un mayor aporte de nutrientes en forma de biomasa. Mejoran la estructura del suelo. Generan una mayor capacidad de infiltración del agua y una mayor retención de la misma. Regulan el pH del suelo.  |   |

|   |   |   |
|---|---|---|
|   | solucionando así en parte el problema efectivo para la compra de fertilizantes.   |   |
| Asociación de cultivos  | Siembra de maíz, frijol, cacao, calabaza, arracacha, café, macadamia, cítricos, aguacate y otros.   | Mejor utilización del terreno. Mejora la seguridad alimentaria de las familias. Genera excedentes que pueden ser comercializados o intercambiados. Ante una condición ambiental extrema se tienen ingresos económicos diversos, que disminuyen los niveles de pérdidas económicas, dándole al agricultor la posibilidad de volver a recuperar su finca. |
| Fertilización adecuada y prácticas culturales                                 | Se fertiliza dependiendo de la capacidad económica del agricultor. De igual forma se realizan prácticas culturales como cambios en las densidades de siembra, utilización de semilla de alta calidad (colinos), monitoreo del cultivo, conservación de suelos.                    | La planta estará en mejores condiciones para soportar una variabilidad climática extrema y el proceso de recuperación del estrés climático es mucho mejor.  |
| Siembra de árboles en las laderas, en los nacimientos y en los cursos de agua | Los agricultores suelen sembrar guadua, abarco, y nogales cafeteros en los nacimientos y orillas de las quebradas. Además se construyen zanjas para el manejo de escorrentías superficial y otras técnicas rudimentarias para el control de la caída del agua por las pendientes. | Conservar y regular el flujo del agua. Prevenir los deslizamientos de tierra que ponen en peligro las viviendas, disminuyen el área productiva y provocan taponamientos sobre las vías.   |
| Disminución del consumo y reorganización de la fuerza del trabajo familiar    | Reducir los gastos en fertilización y fumigación de cultivos, en vestuario, recreación, transporte, energía, acueducto y gas.   | Sostenibilidad financiera   |
| Agremiación   | Los agricultores agremiados tienen beneficios que les ayudan a disminuir la vulnerabilidad al recibir apoyos cuando hay daños por eventos climáticos extremos.  | Consecución de ayudas económicas que favorecen una rápida recuperación del cultivo ante eventos climáticos extremos. Garantizar un precio mínimo al momento de presentarse fuertes cambios en el mercado.   |
| Comercialización diferenciada   | Certificación de buenas prácticas y el ingreso a mercados justos  | Precio justo. Comercialización directa.   |

|   |   |  |
|---|---|--|
| Integración de la mano de obra familiar           | Vincular a la familia en las labores del cultivo  | Ahorro en los costos de producción.  |
| Integración familiar y comunitaria                | Creación de vínculos comunitarios que propenden por el bienestar colectivo  | Favorece el intercambio de productos alimentarios, insumos y conocimientos otorgando con ello resiliencia en los momentos de crisis.<br>Se estrechan los lazos entre los agricultores, reforzando la solidaridad necesaria en momentos de crisis climática.  |
| Participación comunitaria                         | Participación en las juntas de acción comunal veredales o en las asociaciones comunitarias  | Incidencia en políticas públicas que mejoren las condiciones climáticas de los agricultores ante el riesgo climático (subsidios, seguros, refinanciación de préstamos, etc)  |
| Cosecha de agua y riego                           | Captación y almacenamiento de agua lluvia realizado tanto por medios artesanales e improvisados como mediante una infraestructura más tecnificada dependiendo de la capacidad económica de los agroecosistemas. Se cosecha el agua lluvia usando como superficie colectora principalmente los techos de las viviendas, o en algunos casos, también se capta el agua de escorrentía mediante la ubicación de reservorios en zonas bajas de los predios. El agua es almacenada en canecas plásticas, tanques y/o reservorios de tamaño variable, y es posteriormente utilizada como riego complementario o preventivo.<br>En la totalidad de las fincas se realiza un manejo de las arvenses que se desarrollan naturalmente en medio de los cultivos, así como el uso de restos de poda como cobertura de acolchado. Esto implica, en primer lugar, la nula aplicación de herbicidas y control manual de las hierbas; en segundo lugar, el desyerbe se realiza sólo durante las primeras semanas después de la siembra y una vez el cultivo se ha desarrollado lo suficiente se controla el desarrollo de las arvenses permitiendo que crezcan entre y alrededor de los cultivo. | Mejorar técnicas de producción gracias a la instalación de sistemas de bajo costo de riego por goteo o fertirriego. En los momentos de mayor intensificación de sequía, como los que se presentan bajo la influencia del fenómeno de El Niño si se tiene una mínima cantidad de agua para riego, combinada con un buen manejo del suelo, puede ayudar a los cultivos a resistir los bajos niveles de humedad.              |
| Manejo de coberturas vivas, arvenses y acolchados |   | Conservación de la humedad del suelo y el mejoramiento de su estructura. Fijación de nitrógeno. Retención de la capa orgánica del suelo. Incremento de la diversidad animal en el agroecosistema. Protege el suelo de la radiación directa que afecta la micro y mesofauna del suelo cuando éste se encuentra descubierto luego del laboreo, y ayuda también a reducir la pérdida de humedad por evaporación e insolación. |

|   |  |  |
|---|--|--|
| Diversificación de huertas, policultivos y modificación de la siembra | Siembra de policultivos e implementación de huertas  | Evita que el agricultor dependa exclusivamente de uno o unos pocos cultivos para la comercialización. Frente a los eventos de variabilidad climática, el daño no es uniforme para todos los cultivos y variedades, por lo cual la afectación es mitigada por esta vía. Al manejar siembras y cosechas escalonadas, el agricultor puede garantizar una oferta constante y diversa para los mercados así como para el autoconsumo a lo largo de todo el año. Selección de especies más resistentes frente a tensiones climáticas |
| Barreras vivas y árboles en las huertas                               | Implementar una variación de las barreras vivas, por lo general destinadas para árboles que provean de forraje al ganado, utilizando frutales como el zapote, el níspero y los cítricos.<br>Los agricultores realizan al menos un tipo de abonamiento orgánico, que incluye la aplicación de diversos tipos de compost, humus, y biofertilizantes, así como la producción de uno o varios de ellos como forma de aprovechamiento de materia orgánica producida en la finca (restos de poda, desyerbe, poscosecha y orgánicos del hogar), que es complementada con adquisición externa. | Reducir el efecto del viento. Minimiza la pérdida de humedad en los cultivos y el suelo. Diversifica las fuentes de ingreso de las fincas y el autoconsumo   |
| Prácticas de manejo y conservación de suelos                          | Se han implementado terrazas de 2 a 3 metros de ancho combinadas con pastos de corte en sus márgenes. Una limitante importante para su implementación es que se trata de una práctica que demanda abundante mano de obra.  | Mejora el contenido de materia orgánica en el suelo. Mayor retención de la humedad. Mejoramiento de la estructura y porosidad y por ende en la capacidad de infiltración del agua. Se aumenta la fracción de agua en el suelo que es aprovechable por las plantas (agua aprovechable). Mejora el drenaje de los suelos   |
| Uso de terrazas y sistemas de drenaje                                 | Ajuste en las fechas de siembra, las dosis de fertilizante y riego o el cambio de cultivos.  | Retener el agua de escorrentía y prevenir procesos erosivos en zonas de pendiente. Mejora del drenaje de los suelos. Reduce las condiciones de alta humedad relativa favorables para el desarrollo del patógeno  |
| Manejo de cultivos  |  | Pueden reducir los impactos de condiciones climáticas adversas o aumentar los beneficios con climas favorables.  |



Los Tajamares: son embalses con una cortina de tierra apisonada, que detiene el escurrimiento y ayudan a formar un lago. Los tajamares operan sobre la captura y almacenaje temporal de volúmenes importantes de agua provenientes en general desde cuencas internas al predio y que de no capturarse seguiría su recorrido hacia los cursos naturales. Se los utiliza frecuentemente en ganadería como fuente suplementaria de agua para los animales o las pasturas.

-Las Amunas: es un sistema que permite captar el agua de la lluvia en canales de piedra desviándola hacia fuentes naturales o represas. El agua que se recolecta durante la temporada de lluvia se almacena para los periodos de sequía asegurando la disponibilidad de agua para riego y consumo humano durante todo el año, y reduciendo el riesgo de pérdida de cultivos a causa de sequías (De la Torre, 2014).

-Los Atajados: permiten recolectar las aguas de lluvia que escurren superficialmente durante precipitaciones torrenciales y aprovecharla en momentos de escasez. Un efecto adicional de los atajados es la creación de un microclima local más húmedo y por ende más favorable para la vida silvestre (Goetter y Picht, 2014).

Cosecha de agua      Asegurar la disponibilidad de agua. Propiciar un uso eficiente de la misma.

---

**Fuente: Autor**

### 3. DISCUSIÓN

#### 3.1. Caracterización climática de los registros históricos de precipitación y temperatura en el municipio de Armenia

La precipitación y la temperatura en el municipio de Armenia se han incrementado en los últimos años. Los resultados de anomalías climáticas de precipitación presentan unos picos de exceso muy marcados mientras en la temperatura no se denotaron picos considerables. El régimen de precipitación es bimodal, esto se evidencia con periodos de lluvias entre los meses de marzo a mayo y de septiembre a noviembre respectivamente. Sin embargo, en el segundo semestre del año las lluvias han sido mayores alcanzando valores promedios mensuales multianuales de 350 mm en el mes de noviembre.

La tendencia de la precipitación muestra un incremento considerable en los años valorados lo cual implica la probable intensificación de pérdida de suelo a causa de erosión laminar. Como lo manifiesta Lince y Castro (2015) en el Quindío y sobre todo en el municipio de Armenia tanto los “valores de intensidad como de distribución de precipitación indican que los suelos de la zona se ven afectados por una fuerte agresividad climática, con la lluvia como agente erosivo en todos los meses del año. El estudio arrojó que es vulnerable de perderse de 10000 – 15000 MJ. mm.ha de suelo”. Sin embargo, se considera que no solo la precipitación es un factor relevante al momento de producirse la erosión, por lo tanto, el riesgo va incrementándose en la medida en que la altitud es mayor; es decir, el relieve determina en gran medida la vulnerabilidad a la erosión y a los procesos erosivos por la intensidad de la lluvia, aspecto que en forma artificial se incrementa por factores tales como la deforestación y el cambio de uso del suelo. Además el departamento del Quindío presenta un relieve montañoso en la zona del flanco occidental de la cordillera central, el cual se extiende en dirección sur-norte, con pendientes abruptas lo cual beneficia la pérdida de suelo. Específicamente en el municipio de Armenia que presenta un relieve asociado al abanico fluvio-

volcánico en alturas entre 1000 y 2000 msnm, predominan los taludes escarpados, simulando en algunos lugares formas de lomas y colinas, mientras que los planos ligeros y moderadamente inclinados son angostos (IGAC, 2013).

De acuerdo a lo anterior, se observa como en la estación ubicada en la cota 1500 se presentan mayores precipitaciones y por ende la susceptibilidad a la erosión hídrica por precipitación se incrementa en fincas de mayor altura; las cuales son más vulnerables si presentan coberturas de suelo de baja protección (ej arreglo en monocultivo) y pendientes altas.

Los resultados de porcentajes de anomalías anuales mostraron un exceso de precipitación en todos los años entre 1985 – 2010, esto indica que si solo se tiene en cuenta el factor de precipitación el cultivo de plátano no sufriría de estrés hídrico.

En cuanto al incremento de la temperatura el cultivo de plátano se vería beneficiado dado que para la zona se tiene un rango entre 18-21 °C y el cultivo exige 26°C para tener mejor rendimiento (Palencia et al, 2006). Como lo menciona Zapata *et al* (s.f), en estudios desarrollados en Latinoamérica identificaron que los cultivos con ganancia de aptitud climática serían principalmente arroz, banano, plátano, sorgo, tomate y yuca, con porcentajes que superan el 5% de aptitud climática en alguno de los escenarios de emisión. Esto refleja el estímulo de la temperatura en la planta para aumentar su producción, específicamente en los cultivos mencionados, sin embargo, mientras la productividad en el plátano se beneficia genera otros efectos en la proliferación de plagas, enfermedades y a su vez incrementa los vendavales y granizadas.

Con respecto a la influencia de los fenómenos Niño y Niña si se notó una influencia importante en el incremento y descenso de las precipitaciones en los meses donde se presentó el fenómeno. Cabe resaltar, que uno de los incrementos más notables se evidenció con el fenómeno de la Niña en 1988, 1999, 2007 y 2010 donde de acuerdo a los informes de IDEAM (Montealegre,2010)

se presentaron los fenómenos de niña más fuertes. Por lo tanto, la ocurrencia de fenómenos ENSO tiene relación directa con los patrones de precipitación de esta zona, así como lo menciona Cabarcas & Caicedo (2013) en efecto, las fases extremas de la variabilidad climática asociadas a los fenómenos de El Niño y La Niña tienen un impacto importante en la producción agrícola.

### **3.2.Relación variabilidad climática y servicios ecosistémicos de regulación**

Los datos de precipitación y temperatura tomados en las 6 fincas mostraron relevancias significativas en cuanto a la distribución de las lluvias de acuerdo al rango altitudinal, por tal motivo la finca con mayor altitud fue la que presentó los valores mayores de precipitación anual. Sin embargo, la distribución mensual varió de forma importante dado que en las bandas baja y alta se presentaron incrementos de lluvia en unos meses más que en otros. En este sentido, los meses de marzo y abril en todas las fincas fueron superiores, alcanzando valores hasta de 403 mm, lo cual equivale a un aumento de 50 mm comparados con las máximas del promedio mensual multianual. Por lo tanto, se observa que la concentración de la lluvia en el primer semestre del periodo bimodal fue mayor con intensidades de hasta 25 mm por hora en ambas bandas.

En todas las estaciones se presentó una relación inversa entre la precipitación y la temperatura. La finca 1 tuvo los valores más altos de temperatura pero no los más bajos en precipitación como sí ocurrió en la finca 4. Caso particular el de la finca 6 en dónde hubo una precipitación anual de 2442 mm y un contenido de humedad alto todo el año identificándose un valor de correlación de 0,81 siendo esta la que a pesar de poseer un arreglo de alto impacto como es el de monocultivo pudo retener humedad constante durante todo el año lo cual da indicios del buen estado de la prestación de servicios hidrológicos en el suelo. Sin embargo, los resultados de Zuluaga (2017) establecen que de acuerdo al tipo de arreglo el Tradicional Arbóreo presenta una mayor oferta potencial de retener, transportar y drenar el agua en el suelo y favorecer la disponibilidad del recurso para el cultivo de plátano comparado con el arreglo en Monocultivo dado que este presenta

problemas de encharcamiento en la superficie por los altos valores de humedad volumétrica a 0 cm y de densidad aparente y real. Si bien, la oferta de agua es suficiente para la alta demanda hídrica del cultivo, factores relacionados con la física y química de suelos son determinantes para la óptima prestación de servicios de regulación hidrológicos.

En este sentido, en la valoración del estado de los servicios ecosistémicos de regulación del suelo en cuanto a lo hidrológico el arreglo Tradicional Arbóreo presenta los valores más eficientes dado a los beneficios que genera la presencia de árboles en cultivos, tales como: aporte de materia orgánica al suelo que modifica las características químicas, físicas y biológicas del mismo, formación de microclima, conservación en la pérdida de suelo, disminución en la demanda de agua del cultivo y la evaporación del suelo, fijación de nitrógeno entre otras (Navarro, 2012; Muschler, 1999; Cardona & Sadeghian, 2013; Beer, 1998). Obviamente en el estudio de Zuluaga (2017) se valoraron los arreglos en general y no finca por finca lo cual arrojaría unos resultados más precisos de acuerdo al estado de prestación de servicios hidrológicos para el cultivo de plátano.

Uno de los requerimientos más importantes para el cultivo de plátano tiene que ver con la disponibilidad de agua, por tal motivo, a pesar de no haberse valorado exactamente en este trabajo se compararon los valores de precipitación presentes en la zona de estudio con los evaluados por Castaño *et al* (2012) en donde establece que los requerimientos hídricos del plátano Dominico Hartón en la región de Santagueda en Caldas (con características similares a las de la zona de estudio: temperatura media de 23°C, la máxima de 28,8°C y la mínima de 18,6°C, humedad relativa de 78,8%, brillo solar acumulado de 2.049,3 horas, y, precipitación acumulada de 3.933,1 mm) a una densidad de siembra de 1,666 plantas/ha es de 1140,6 mm/año de agua en un ciclo total de cultivo (60 semanas), mientras que en otros estudios hechos por diferentes autores en el trópico varían entre 1200 y 2314 mm/año con un promedio de 1756 mm/año. Con respecto a lo anterior, en la zona el

mínimo de precipitación acumulada fue de 1873,6 mm y el máximo de 2686,8 mm, por lo tanto, solo destacando el factor de precipitación se puede decir que los requerimientos hídricos del plátano se suplen.

Para Villegas (2004), el contenido de humedad del suelo es una de las características más importantes para el desarrollo de la vegetación que permite garantizar la disponibilidad de agua en las corrientes superficiales incluso en épocas de baja precipitación. Consecuente con lo anterior, Rubio (2010) recalca que:

*“los valores que puede tomar la densidad aparente dependen de muchos factores, incluyendo la textura, estructura y contenido de materia orgánica del suelo, así como del manejo del mismo por ello se considera este factor altamente variable debido a las variaciones en la cantidad y la calidad del espacio poroso”.*

En este sentido, a mayor densidad aparente menor disponibilidad de agua debido a la compactación que presenta el suelo.

Con respecto a las afectaciones de la variabilidad climática en los servicios ecosistémicos de regulación expuesto en la Tabla 7, se puede inferir que un factor determinante que produce alteraciones es la precipitación, y evidentemente de acuerdo a los datos tomados en campo y los registros históricos esta variable tiende al aumento; debido a esto, servicios como la regulación de fertilidad del suelo, fertilidad de biomasa y racimo se ven seriamente comprometidos por el lavado que causa la escorrentía que generan una pérdida de nutrientes considerables (Arellano, 2000; Adema *et al* ,2001;Lau et al ,2011; Altieri & Nicholls, 2009). En cuanto a los servicios de transporte y drenaje del suelo la variabilidad climática presenta afectaciones cuando las características físicas del suelo se han modificado drásticamente por el manejo que se le ha dado a esa área, por ejemplo, las prácticas culturales de los cultivos, el uso y la cobertura, la homogeneidad del cultivo, el tipo de

fertilizantes que usa entre otros; por lo tanto, variables como la densidad aparente, la conductividad hidráulica y la porosidad son susceptibles a cambios por los factores de manejo mencionados con anterioridad. En este sentido, si las condiciones físicas del suelo están bien el impacto de la precipitación y la temperatura será mínimo.

Otro servicio muy importante a considerar es el de estabilidad y soporte dado que es el que brinda a la planta las condiciones de anclaje seguro para evitar la caída o doblaje. En el Quindío se presentan temporadas de vendavales recurrentes los cuales son uno de las causas de mayores pérdidas de la producción (Parra *et al*, 2001). Por lo tanto, si las características físicas del suelo que le brindan soporte y estabilidad no son las adecuadas la susceptibilidad al volcamiento será mayor. Cabe resaltar., que el cultivo de plátano es vulnerable cuando se presentan velocidades del viento superiores a 20 km/h (Palencia *et al*, 2006).

Consecuentemente, en cuanto al servicio de control de la erosión las variables que las representan son el porcentaje de microporos y el de agregados estables al agua los cuales determinan el nivel de cohesión de las partículas más pequeñas del suelo. Si bien, la cohesión puede ser alta factores como la precipitación excesiva genera erosión hídrica. Como lo determinó Lince y Castro (2015) en el estudio de erosividad para el Quindío la zona está expuesta a sufrir una erosión fuerte a causa de los altos picos de precipitación.

Por último, uno de los servicios de regulación más descuidados es el de actividad biológica el cual incide directamente en la transformación de la materia orgánica por organismos detritívoros y el control de plagas, como el caso de la tijereta que se alimenta del picudo en el plátano (Belalcazar *et al*, 1996; Gold, 2000). La variabilidad climática causa grandes cambios en el patrón de propagación y desarrollo de plagas y enfermedades (Lau et al (2011) .Si el servicio ha sido impactado por el uso de insecticidas, fungicidas y demás insumos de síntesis química que eliminan

cualquier tipo de vida en el suelo como sucede en este caso (Zuluaga, 2017) en todos los arreglos de plátano estudiados va ser casi imposible que se pueda prestar el servicio.

Cabe resaltar, que el plátano, si bien crece y se produce durante todo el año, tiene épocas de siembra en abril-mayo y en octubre, cuya producción se obtiene a los 11 meses; por tal razón se tienen dos épocas del año con mayor oferta, que corresponden a los meses de enero-marzo y de agosto. Al igual que los anteriores cultivos, la época propicia para la siembra del plátano es al comienzo de la época de lluvias. Según estudios de Corpoica, para el óptimo rendimiento del plátano se requiere una temperatura de 26 °C y precipitaciones de 120 a 150 mm de lluvia mensual, bien distribuidas. Las raíces superficiales del plátano suelen afectarse con el más mínimo déficit de agua, así como también con las inundaciones, pues se destruyen las raíces y se reduce el número de hojas y la actividad floral (Palencia *et al*, 2006).

### **3.3. Diseño de herramientas de adaptación a la variabilidad climática.**

Los productores de plátano perciben alteraciones climáticas y sus impactos, además de generar estrategias para contrarrestarlos (Pinilla *et al*, 2012; Pradilla, 2016). En este sentido, los resultados de las entrevistas semiestructuradas, del diálogo y los debates en los talleres de socialización los agricultores manifiestan una gran preocupación por la intensidad de los fenómenos climáticos en los últimos años, además de identificar que la causa del incremento de los impactos este directamente relacionada con la deforestación, las prácticas culturales en los cultivos, la presión de la expansión urbana, el tipo de cobertura y el uso que se le ha dado al suelo.

La mayoría de los agricultores observan un cambio en la intensidad, frecuencia y duración de las lluvias tendientes al alza, así como periodos de sequía más largos. Además de ello, un aumento significativo de vendavales y granizadas siendo esta la causa principal de pérdida de la producción total de plátano. Las afectaciones directas del clima en el cultivo están relacionadas prioritariamente



con la disminución de la producción, luego el volcamiento de las matas, la proliferación de plagas y enfermedades como la zigatoka negra, el mal de Panamá, moko, picudo entre otros, así como el deterioro de la planta que provoca un bajo peso en el racimo y su desarrollo óptimo (Baquero, 2017).

En ese sentido, las personas identifican al periodo de verano como uno de los más impactantes al cultivo. Primero por la escasez de agua que interfiere con la fase de llenado del fruto y segundo por el debilitamiento de la planta reflejado en el marchitamiento de las hojas y la pérdida de biomasa en el tronco que lo hace más susceptible al volcamiento si se presentan fuertes vientos.

En cuanto a las estrategias que proponen los campesinos y los beneficios asociados a estas se encuentran: implementar cobertura de árboles maderables y guamo, barreras rompevientos, manejo integral de arvenses, zanjas para manejo de escorrentía, no aplicación de insumos de síntesis química, fertilización con enmiendas orgánicas, prácticas culturales integrales, generar corredores de guadua en las fuentes de agua superficiales como quebradas y ríos. Los beneficios de mayor prevalencia son conservación de humedad en el suelo, proliferación de microorganismos, aportes de materia orgánica, protección de las condiciones físicas del suelo, regulación hídrica, evitar y/o reducir la erosión del suelo, generar microclima y fuentes de ingreso extra para el caso de cultivos asociados con árboles maderables. También se muestra una tradición de asociar cultivos de café, aguacate, cacao, cítricos o pancoger con plátano, así como guamo y árboles maderables en todas las fincas quienes presentan buenos rendimientos en la producción y disminución de la dependencia a una sola fuente de ingreso.

La estrategia de más acogida y receptividad entre los campesinos fue la introducción de cobertura arborea ya sea maderable o no como el guamo dado que los resultados encontrados en arreglos como el Tradicional Arbóreo (Zuluaga, 2017; Gómez & López, 2016, ) en cuanto a

conservación de humedad en el suelo, fertilidad, control de la erosión, transporte y drenaje fueron positivos (Villegas, 2004).

La compilación de estrategias propuestas por los productores de plátano y las de investigaciones anteriores para la adaptación a la variabilidad y cambio climático se deben priorizar para ser aplicadas. En los talleres y diálogos directos se ha notado un compromiso por mejorar las prácticas culturales e implementar arreglos como el Tradicional Arboreo o Asociado con café para disminuir la vulnerabilidad a los embates del clima, sobre todo frente a condiciones extremas como los vendavales y granizadas.

#### **4. CONCLUSIONES**

La caracterización climática de la región es un insumo de gran importancia para futuras investigaciones en Armenia y municipios aledaños. Las micro estaciones climáticas instaladas en las fincas van a seguir generando información con el fin de acumular registro históricos a diferentes escalas (hora, día, mes y año) para facilitar la aplicación de modelos climáticos que predigan los cambios en la temperatura y precipitación en intensidad, frecuencia y duración así como evaluar el impacto en la prestación de servicios ecosistémicos.

Cabe destacar que los tipos de arreglos de cultivo plátano encontrados en el área de estudio determinan en mayor medida la vulnerabilidad del agroecosistema ante los extremos climáticos debido al estilo de cultivar y las prácticas culturales asociadas a este. En este sentido, el arreglo Tradicional Arboreo mostró varios efectos positivos en la prestación de servicios ecosistémicos que aportan a la sostenibilidad del agroecosistema. Uno de los beneficios más destacados percibidos por los agricultores es la formación de barreras rompevientos creada por los árboles ubicados estratégicamente en la finca para contrarrestar los vendavales y granizadas, además, la consolidación

de colchones de hojarasca en el suelo que sirve como fuente de materia orgánica para el plátano, conserva la humedad en el suelo y protege de los procesos erosivos.

Reconocer la percepción que tienen los agricultores sobre la variabilidad y el cambio climático es fundamental en la generación de estrategias para la adaptación del cultivo de plátano ante fenómenos climáticos extremos. Si bien, en el Eje Cafetero Colombiano se han desarrollado investigaciones sobre adaptabilidad para cultivos de café, se hace necesario la profundización de respuestas para disminuir la vulnerabilidad y aumentar la resiliencia en el plátano puesto que uno de los problemas más evidentes ante los cambios en el clima es la proliferación de plagas que afecta fuertemente el cultivo en todos los aspectos.

El plátano producido en el Quindío es uno de los más apetecidos a nivel nacional pero su producción no solo se está viendo afectada por las condiciones climáticas sino también por factores económicos como los bajos precios de comercialización, el costo de los insumos químicos y la presión que ejerce la expansión urbana sobre el cambio de uso del suelo para construcción de condominios campestres y fincas de recreo. A pesar de que hay un gremio consolidado en torno a la producción de este cultivo, el deterioro es inminente lo que demarca una alerta frente al actuar de la academia y las instituciones en fortalecer a los pocos productores para que no se desplace uno de los renglones de la economía de esta región.

## **5. RECOMENDACIONES**

El análisis de las afectaciones de la variabilidad climática en los servicios de regulación hidrológica en los diferentes arreglos no pudo ser precisa por la ausencia de sensores de humedad instalados en cada una de las fincas. De tal manera se recomienda para futuras investigaciones gestionar los recursos para la instalación en las fincas donde se encuentran las demás micro estaciones.

Es necesario que se generen procesos de investigación más profundos en torno a los estilos de cultivar plátano en la región puesto que si bien se han hecho investigaciones agronómicas adelantadas por el ICA y otras instituciones no se percibe la opinión de los productores, actores de mayor relevancia ante las transformaciones en el manejo del cultivo.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

- Adema, E. O., Babinec, F. J., & Peinemann, N. (2001). Pérdida de nutrientes por erosión hídrica en dos suelos del Caldenal Pampeano. *Ciencia del suelo*, 19(2), 144-154.
- Alcaldía de Armenia. (2008). Diagnóstico Municipal de Armenia. Departamento Administrativo de Planeación Municipal. Plan de Ordenamiento Territorial 2009-2023. Vol. 3.
- Almansa, M.; Edgar, F. (1994). Déficit hídrico en el cultivo de plátano/. *Memorias*.
- Almeida, L.; Nava, M.; Ramos, A.; Espinosa, M.; Ordoñez, MJ.; Jujnovsky, J. (2007). Servicios ecosistémicos en la cuenca del río Magdalena, Distrito Federal, México. *Gaceta Ecológica*, (84-85), pp.53-64.
- Altieri, M & Nicholls, C. (2009). Cambio Climático y Agricultura Campesina: impactos y respuestas adaptativas. *LEISA Revista de Agroecología*. 5-7
- Anderson, E; Marengo, J; Villalba, R; Halloy, S; Young, B; Cordero, D; Gast, F; Jaimes, E; Ruíz, D. (2010). Consecuencias del cambio climático en los ecosistemas y servicios ecosistémicos de los Andes Tropicales. En: *Cambio climático y Biodiversidad en los Andes Tropicales*. Ed: Herzog, S; Martínez, R; Jongersen, P; Tiessen, H. (2012). Instituto Interamericano para la Investigación del Cambio Global (IAI), Sao José dos Campos, y Comité Científico sobre problemas del Medio Ambiente (SCOPE). París. 426 pp. ISBN: 978-85-99875-06-3.
- Arellano, R. (2000). Pérdida de suelo y nutrientes en agroecosistemas de café en la subcuenca del río Castán, Trujillo-Venezuela. *Revista Forestal Venezolana*, 44(2), 79-86.
- Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., Casanoves F., Di Rienzo J.A., Robledo C.W. (2008). *Infostat. Manual del Usuario*, Editorial Brujas, Córdoba, Argentina

- Baquero-Melo Jairo (2017), Vulnerabilidad socioecológica y socioeconómica en cadenas de valor agrícola. El caso de la producción del plátano en Colombia, Revista Latinoamericana de Estudios Rurales, II (3).Recuperado de <http://www.ceilconicet.gov.ar/ojs/index.php/revistaalasru/article/view/198>
- Beer, J. (1998). Ventajas, desventajas y características deseables en los árboles de sombra para café, cacao y té. *Apuntes de clase del curso corto Sistemas Agroforestales.*(Eds. F. Jiménez y A. Vargas). *Proyecto Agroforestal CATIE/GTZ. Turrialba, Costa Rica*, 169
- Belalcazar, C., Toro, S. L., Jaramillo, J. C., & R Belalcazar, P. S. (1996). *Plagas y enfermedades del platano* (No. C016. 047). ICA.
- Bolaños, M., Morales, H., & Celis, L. (2003). Fertilización (orgánica-química) y producción de Dominico-Hartón. Infomusa, 12(1), 38-41.
- Cabarcas, A. D. C. R., & Caicedo, J. D. P. (2013). Efecto de los fenómenos de El Niño y La Niña en la precipitación y su impacto en la producción agrícola del departamento del Atlántico (Colombia). Cuadernos de Geografía, 22(2), 35.
- Castaño, A; Aristizábal, M; Gonzáles, H. (2011). Requerimientos Hídrico del Plátano Dominico Hartón (*Musa* AAB SIMMONDS) en la Región Santágueda, Palestina, Caldas. En Revista Agronomía, vol. 19, núm.1, pp.57 – 67.
- Cardona, D. A., & Sadeghian, S. (2013). *Beneficios del sombrío de guamo en suelos cafeteros.*
- Carvajal, Y. (2010), “Efectos de la variabilidad climática y el cambio climático en la agricultura. Estrategias de mitigación y adaptación para el sector”, en Revista Memorias, vol. 8, núm. 14, pp. 85-102.

- Carvajal, Y; Quintero, M. (2008). Tendencias en el uso de indicadores e índices para evaluar la adaptación a la variabilidad y el cambio climático. En: Hacia La Evaluación De Prácticas De Adaptación Ante La Variabilidad Y El Cambio Climático., ISBN: 978-85-88998-23-0, Vol., págs: 61 - 72, Ed.
- Corredor, E; Fonseca, J; Páez, E. (2012). Los servicios ecosistémicos de regulación: tendencias e impactos en el bienestar humano. En Revista de Investigación Agraria y Ambiental, vol. 3, núm. 1, pp. 77-83.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2005). Bogotá, D.C.
- Feijoo, A.; Castaño, JM.; Rivas, A.; Lavelle, P.; Zúñiga, MC.; Quintero, H.; Murillo, BE.; Molina, LJ. (2014). Servicios ecosistémicos generados por diversos arreglos del cultivo de plátano en el Eje Cafetero Colombiano. Universidad Tecnológica de Pereira.
- FONADE e IDEAM. (2013). Efectos del cambio climático en la producción y rendimiento de cultivos por sectores. Evaluación del riesgo agroclimático por sectores.
- Galindo, L; Samaniego, J; Alatorre, J. Ferrer Carbonell, J. (2014). Procesos de adaptación al cambio climático Análisis de América Latina. Estudios del Cambio Climático en América Latina. CEPAL & UNIÓN EUROPEA.  
[http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/37613/S1500005\\_es.pdf?sequence=1](http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/37613/S1500005_es.pdf?sequence=1)
- Gold, C. S., & Messiaen, S. (2000). El picudo negro del banano *Cosmopolites sordidus*. *Inibap, plagas de Musa, Hoja divulgativa, 4*, 1-4.
- Gómez-Aristizábal, A., & Rivera-Posada, H. (1993). La conservación de los suelos y la sostenibilidad de la productividad en la zona cafetera. *Avances Técnicos Cenicafé*, 190, 1-8.

Gómez, MA., López, MA. (2016). Estilos de cultivar plátano en asocio con servicios ecosistémicos de aprovisionamiento del suelo, Armenia, Colombia. Tesis de pregrado para optar al título de Administrador Ambiental. Universidad Tecnológica de Pereira.

INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES –IDEAM-. 2003. Cálculo de la anomalía de precipitación en Colombia: una propuesta de ajuste a índice actual. Nota técnica del IDEAM (IDEAM METEO/009-2003). Bogotá.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. 2010. Estudio Nacional del Agua. Bogotá D.C.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi. 2013. Estudio semidetallado de suelos y zonificación de tierras del departamento del Quindío. Escala 1: 25.000.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi. 2010. Coberturas y usos de la tierra en el departamento del Quindío. Escala 1: 10.000.

IPCC. 2007. Cambio Climático 2007. Base de Ciencia Física. Contribución del Grupo de Trabajo I al Cuarto Informe de Evaluación del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (ipcc). S. Solomon et al.

Lau, C.; Jarvis, A.; Ramírez, J. 2011. Agricultura colombiana: Adaptación al cambio climático. CIAT Políticas en Síntesis N°. 1. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. 4 p.

Lince S. L. A.; Castro Q.; A. F. (2015). Erosividad de la lluvia en la región cafetera de Quindío, Colombia. Revista Cenicafé 66(1): 25-31.



- López Mtz, J. D., Díaz Estrada, A., Martínez Rubin, E., & Valdez Cepeda, R. D. (2001). Abonos orgánicos y su efecto en propiedades físicas y químicas del suelo y rendimiento en maíz. *Terra latinoamericana*, 19(4).
- Magaña, V. (2008). Adaptación a la variabilidad y el cambio climático. En: Hacia la evaluación de prácticas de adaptación ante la variabilidad y el cambio climático. Ed: Aldunce P, Neri C, Szlafsztein C. ISBN: 978-85-88998-23-0. Págs.43-50
- Magrin, G. (2015). Adaptación al cambio climático en América Latina y el Caribe. Estudios del Cambio Climático en América Latina. CEPAL & UNIÓN EUROPEA. [http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/39842/S1501318\\_es.pdf;jsessionid=B3B1CEF99D795D6542C6BEBE0E65F084?sequence=1](http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/39842/S1501318_es.pdf;jsessionid=B3B1CEF99D795D6542C6BEBE0E65F084?sequence=1)
- MGAP-FAO. (2013). Clima de cambios: Nuevos desafíos de adaptación en Uruguay. Volumen I. Autores: Bidegain, Mario; Crisci, Carolina; del Puerto, Laura; Inda, Hugo; Mazzeo, Néstor; Taks, Javier; y, Terra, Rafael. Resultado del proyecto FAO TCP URU 3302, Montevideo.
- Millennium Ecosystem Assessment. (2005). Ecosystems and Human Well-being: Biodiversity Synthesis. Washington, DC: World Resources Institute.
- Montealegre, E. (2012). Análisis de la variabilidad climática inter-anual (El Niño y La Niña) en la Región Capital, Bogotá Cundinamarca Plan Regional Integral de Cambio Climático Región Capital Bogotá – Cundinamarca (PRICC). 11 pg.
- Montealegre, J.; Pabón, J. (2000). La Variabilidad Climática Interanual asociada al ciclo El Niño-La Niña–Oscilación del Sur y su efecto en el patrón pluviométrico de Colombia. Meteorol. Colomb. 2:7-21. ISSN 0124-6984. Bogotá, D.C. – Colombia.
- Muschler, R. (1999). *Árboles en cafetales* (No. 5). Catie.

- Murillo, B. 2010. Disponibilidad de recursos y tipos de sistemas de cultivo de café y plátano en la cuenca del río La Vieja, Colombia. (Tesis Maestría en Ecotecnología). Universidad Tecnológica de Pereira.
- Navarro, M. A. (2012). Evaluación participativa del aporte de fincas integrales a los servicios ecosistémicos ya la calidad de vida de las familias en el Área de Conservación Tortuguero, Costa Rica. *Centro Agronómico Tropical de investigación y enseñanza-CATIE*.
- Orozco, M; Orozco, J; Pérez, O; Manzo, G; Farías, J; & Moraes, W. D. S. (2008). Prácticas culturales para el manejo de la Sigatoka negra en bananos y plátanos. *Tropical Plant Pathology*, 189-196.
- Palencia, G; Gómez, R; Martín, J. 2006. Manejo sostenible del cultivo del plátano. Bucaramanga:CorpoicaProdumedios.<http://conectarural.org/sitio/sites/default/files/documentos/Cultivodelplano.pdf> (consultado en Octubre del 2017)
- Parra, C. R., Sarmiento, L. L., Salinas, G. C., & Giraldo, G. G. (2001). Efecto del granizo y el viento sobre el desarrollo y calidad de los frutos de plátano Dominico hartón y FHIA-21. *INFOMUSA INFOMUSA*, 13.
- Pradilla, G. 2016. Análisis ambiental de las prácticas campesinas de resiliencia a la variabilidad y el cambio climático en fincas ecológicas del altiplano Cundiboyacense-Colombia. Tesis de Maestría en Medio Ambiente y Desarrollo. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Económicas, Instituto de Estudios Ambientales-IDEA. Bogotá D.C. pp 66-73
- Pinilla-Herrera, M. C., Rueda, A., Pinzón, C., y Sánchez, J. (2012). Percepciones sobre los fenómenos de variabilidad climática y cambio climático entre campesinos del centro de

Santander, Colombia. Ambiente y Desarrollo, 16 (31), 25-37. Código SICI: 0121-7607(201212)16:31<25:PSFDVC>2.0.TX;2-N

Puertas, O; Carvajal, Y; Quintero, M. (2011). Estudio de tendencias de la precipitación mensual en la cuenca Alta-Media del Río Cauca, Colombia. Dyna, año 78, Nro. 169, pp. 112-120. Medellín. ISSN 0012-7353

Ramírez, V. (2004). Requerimientos hídricos para los cultivos de pasto, plátano, caña y lulo de acuerdo a la altura sobre el nivel del mar, y la clase textural del suelo.

Rivera, P. (1999). JH El manejo integrado de arvenses en cafetales aumenta los ingresos y evita la erosión. Avances Técnicos Cenicafé, (259), 1-4

Rubio, A. (2010). La densidad aparente en suelos forestales del Parque Natural Los Alcornocales. Tesis de pregrado en Ingeniería Técnica Agrícola. <http://digital.csic.es/bitstream/10261/57951/1/La%20densidad%20aparente%20en%20suelos%20forestales%20.pdf>

Turbay, S., B. Nates, F. Jaramillo, J. J. Vélez y O. L. Ocampo (2014), “Adaptación a la variabilidad climática entre los caficultores de las cuencas de los ríos Porce y Chinchiná, Colombia”, Investigaciones Geográficas, Boletín, núm. 85, Instituto de Geografía, UNAM, México, pp. 95-112, dx.doi.org/10.14350/rig.42298

Universidad del Valle de Guatemala & Fundación Soros Guatemala. (2009). Cooperativismo y Metodología Campesino a Campesino. En: Manual de Buenas Prácticas. Universidad del Valle de Guatemala & Fundación Soros Guatemala. Ciudad Guatemala, Guatemala.

Vides-Almonacid, R. (2014). Bases conceptuales y enfoques estratégicos para la adaptación al Cambio Climático en América Latina. En: Sabiduría y Adaptación: El Valor del

Conocimiento Tradicional en la Adaptación al Cambio Climático en América del Sur. Lara, R. y Vides-Almonacid, R. (Eds).UICN: Quito, Ecuador.

Villegas, J. C. (2004). Análisis del conocimiento en la relación agua-suelo-vegetación para el Departamento de Antioquía. Revista EIA, (1), 73-79.

Zapata-Caldas, E., Jarvis, A., Ramirez, J., & Lau, C.Sf. Análisis de los impactos de cambio climático sobre cultivos andinos. Consultado en Octubre 2016.  
<http://www.observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/egal13/Procesosambientales/Climatologia/12.pdf>

Zuluaga, L. (2017). Interacciones, compensaciones y sinergias entre servicios ecosistémicos en cultivos de plátano, Eje Cafetero Colombiano. (Tesis de pregrado para optar al título de Administrador Ambiental). Universidad Tecnológica de Pereira.

Zúñiga, MC. 2006. Procesos de comunicación en sistemas de producción campesinos, en un área del eje cafetero de Colombia. (Tesis Maestría en Comunicación Educativa). Universidad Tecnológica de Pereira.

## 7. ANEXOS

### ANEXO 1.

**Tabla 1. Criterio de evaluación para la selección de fincas**

| <b>Criterios de evaluación</b>  | <b>Peso (W)</b> | <b>Categoría</b>    | <b>Calificación</b> |
|---------------------------------|-----------------|---------------------|---------------------|
| Años de tenencia de la finca    | 0.4             | Entre 1 y 40 años   | 1                   |
|                                 |                 | Entre 40 y 80 años  | 2                   |
|                                 |                 | Entre 80 y 120 años | 3                   |
| Clase de adquisición del predio | 0.3             | Parcelación         | 1                   |
|                                 |                 | Compra              | 2                   |
|                                 |                 | Herencia            | 3                   |
| Encargado de labores agrícolas  | 0.3             | Trabajador          | 1                   |
|                                 |                 | Administrador       | 2                   |
|                                 |                 | Propietario         | 3                   |

**Fuente: Autor**

**Tabla 2. Rango de selección de fincas.**

| <b>Rango</b> | <b>Resultado</b> |
|--------------|------------------|
| 0 a 0,9      | Bajo             |
| 1 a 2        | Medio            |
| 2 a 3        | Alto             |

**Fuente: Autor**

**Tabla 3. Calificación de fincas para la selección**

| N° | Selección de fincas |                |                    |                   |                  | Criterios |                       |     |                   |     |       |            |
|----|---------------------|----------------|--------------------|-------------------|------------------|-----------|-----------------------|-----|-------------------|-----|-------|------------|
|    | Categoría Arreglo   | Categoría años | Categoría Tenencia | Categoría Labores | Años de tenencia | 40%       | Tenencia de la tierra | 30% | Labores agrícolas | 30% | Total | Estaciones |
| 1  | TA                  | 85             | H                  | P                 | 3                | 1.2       | 3                     | 0.9 | 3                 | 0.9 | 3     | 0          |
| 2  | TA                  | 8              | H                  | P                 | 1                | 0.4       | 3                     | 0.9 | 3                 | 0.9 | 2.2   | 0          |
| 3  | MONO                | 8              | H                  | A                 | 1                | 0.4       | 3                     | 0.9 | 2                 | 0.6 | 1.9   | 1          |
| 4  | TA                  | 10             | C                  | A                 | 1                | 0.4       | 2                     | 0.6 | 2                 | 0.6 | 1.6   | 0          |
| 5  | TA                  | 10             | C                  | A                 | 1                | 0.4       | 2                     | 0.6 | 2                 | 0.6 | 1.6   | 0          |
| 6  | AC                  | 20             | H                  | T                 | 1                | 0.4       | 3                     | 0.9 | 1                 | 0.3 | 1.6   | 0          |
| 7  | AA                  | 20             | C                  | A                 | 1                | 0.4       | 2                     | 0.6 | 2                 | 0.6 | 1.6   | 0          |
| 8  | MONO                | 100            | H                  | A                 | 3                | 1.2       | 3                     | 0.9 | 2                 | 0.6 | 2.7   | 0          |
| 9  | TA                  | 1              | H                  | A                 | 1                | 0.4       | 3                     | 0.9 | 2                 | 0.6 | 1.9   | 0          |
| 10 | MONO                | 3              | C                  | A                 | 1                | 0.4       | 2                     | 0.6 | 2                 | 0.6 | 1.6   | 0          |
| 11 | TA                  | 54             | H                  | A                 | 2                | 0.8       | 3                     | 0.9 | 2                 | 0.6 | 2.3   | 0          |
| 12 | AA                  | 10             | H                  | A                 | 1                | 0.4       | 3                     | 0.9 | 2                 | 0.6 | 1.9   | 0          |
| 13 | AA                  | 23             | H                  | A                 | 1                | 0.4       | 3                     | 0.9 | 2                 | 0.6 | 1.9   | 0          |
| 14 | MONO                | 100            | H                  | A                 | 3                | 1.2       | 3                     | 0.9 | 2                 | 0.6 | 2.7   | 0          |

|    |      |     |   |    |   |     |   |     |   |     |     |   |
|----|------|-----|---|----|---|-----|---|-----|---|-----|-----|---|
| 15 | AC   | 30  | H | P  | 1 | 0.4 | 3 | 0.9 | 3 | 0.9 | 2.2 | 0 |
| 16 | AA   | 25  | H | T  | 1 | 0.4 | 3 | 0.9 | 1 | 0.3 | 1.6 | 0 |
| 17 | AC   | 7   | C | A  | 1 | 0.4 | 2 | 0.6 | 2 | 0.6 | 1.6 | 0 |
| 18 | AC   | 48  | H | P  | 2 | 0.8 | 3 | 0.9 | 3 | 0.9 | 2.6 | 1 |
| 19 | MONO | 17  | H | PT | 1 | 0.4 | 3 | 0.9 | 4 | 1.2 | 2.5 | 1 |
| 20 | AC   | 3   | H | P  | 1 | 0.4 | 3 | 0.9 | 3 | 0.9 | 2.2 | 0 |
| 21 | AC   | 20  | H | T  | 1 | 0.4 | 3 | 0.9 | 1 | 0.3 | 1.6 | 0 |
| 22 | AC   | 17  | H | PT | 1 | 0.4 | 3 | 0.9 | 4 | 1.2 | 2.5 | 0 |
| 23 | AA   | 100 | H | A  | 3 | 1.2 | 3 | 0.9 | 2 | 0.6 | 2.7 | 0 |
| 24 | TA   | 3.5 | H | A  | 1 | 0.4 | 3 | 0.9 | 2 | 0.6 | 1.9 | 0 |
| 25 | TA   | 60  | C | T  | 2 | 0.8 | 2 | 0.6 | 1 | 0.3 | 1.7 | 1 |
| 26 | AA   | 60  | H | A  | 2 | 0.8 | 3 | 0.9 | 2 | 0.6 | 2.3 | 1 |
| 27 | AC   | 25  | H | P  | 1 | 0.4 | 3 | 0.9 | 3 | 0.9 | 2.2 | 1 |
| 28 | MONO | 116 | H | T  | 3 | 1.2 | 3 | 0.9 | 1 | 0.3 | 2.4 | 0 |
| 29 | MONO | 20  | C | P  | 1 | 0.4 | 2 | 0.6 | 3 | 0.9 | 1.9 | 0 |
| 30 | AA   | 5   | H | A  | 1 | 0.4 | 3 | 0.9 | 2 | 0.6 | 1.9 | 0 |
| 31 | TA   | 16  | P | P  | 1 | 0.4 | 1 | 0.3 | 3 | 0.9 | 1.6 | 0 |
| 32 | TA   | 15  | P | P  | 1 | 0.4 | 1 | 0.3 | 3 | 0.9 | 1.6 | 0 |
| 33 | AC   | 8   | C | A  | 1 | 0.4 | 2 | 0.6 | 2 | 0.6 | 1.6 | 0 |

**Fuente: Autor**