**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES**

**CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL**

**Trabajo de titulación presentado como requisito previo a la obtención del título de Ingeniero Forestal**

# COMPORTAMIENTO DE LA PRECIPITACIÓN FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA MICROCUENCA DEL RÍO ESCUDILLAS

**AUTOR**

Edison Fernando Guerra Piedra

**DIRECTOR**

Dr. Mario José Añazco Romero, PhD.

**IBARRA - ECUADOR**

2018

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS**

**AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES**

**CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL**

# COMPORTAMIENTO DE LA PRECIPITACIÓN FRENTE AL CAMBIO CLIMATICO EN LA MICROCUENCA DEL RÍO ESCUDILLAS

Trabajo de titulación revisado por el Comité Asesor, por lo cual se autoriza la presentación como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO FORESTAL**

**APROBADO**

Dr. Mario José Añazco Romero, PhD.

**Director de trabajo de titulación**

.....

Dra. Patricia Marlene Aguirre Mejía, PhD.

**Tribunal de trabajo de titulación**

.....

Ing. Oscar Armando Rosales Enríquez, MSc.

**Tribunal de trabajo de titulación**

.....

Dr. Jhonn James Rodríguez Echeverry, PhD.

**Tribunal de trabajo de titulación**

.....

**Ibarra - Ecuador**

2018

## CERTIFICACIÓN

En honor a la verdad, certifico que el presente trabajo de investigación fue desarrollado por el señor **GUERRA PIEDRA EDISON FERNANDO**, portador de la Cedula de Identidad 172478899-5, bajo mi supervisión en calidad de Director.

**Fecha:** 23 de octubre del 2018

.....

Dr. Mario José Añazco Romero, PhD.

Director de trabajo de titulación

## REGISTRO BIBIOGRÁFICO

**Guía:** FICAYA – UTN

**Fecha:** 23 de octubre del 2018

Edison Fernando Guerra Piedra: **COMPORTAMIENTO DE LA PRECIPITACION FRENTE AL CAMBIO CLIMATICO EN LA MICROCUENCA DEL RÍO ESCUDILLAS** / Trabajo de titulación. Ingeniero Forestal. Universidad Técnica del Norte. Carrera de Ingeniería Forestal. Ibarra, 23 de octubre del 2018. 86 páginas.

**DIRECTOR:** Dr. Mario José Añazco Romero, PhD.

El objetivo principal de la presente investigación fue: "Contribuir con información actualizada que aporte la toma de decisiones en materia de cambio climático." Entre los objetivos específicos se encuentra: Analizar multitemporalmente el comportamiento de la precipitación en su frecuencia e intensidad en la microcuenca del río Escudillas; Identificar las percepciones de los pobladores locales respecto a los patrones dominantes de precipitación en los últimos 20 años y Proyectar un escenario futuro del comportamiento de la precipitación, respecto a los cambios pronosticados por el grupo de científicos que integran el IPCC y por los aportes obtenidos del objetivo 1 y 2.

**Fecha:** 23 de octubre del 2018

.....

Dr. Mario José Añazco Romero, PhD

**Director de trabajo de titulación**

.....

Edison Fernando Guerra Piedra

**Autor**

# DEDICATORIA

Dedico este trabajo con todo mi esfuerzo y dedicación, a mi familia en especial a mis padres Luis Guerra y Elizabeth Piedra, que siempre han buscado las mil maneras de ofrecerme lo mejor. Han trabajado duro, y sin importar lo cansado del trabajo o lo difícil de aceptar mis decisiones me han apoyado. Las ayudas, regaños, consejos y valores que me han brindado, formando bases de gran importancia.

De igual forma a mi familia, amigos, profesores, personas especiales en mi vida, que han sido parte importante de este logro, ya que me han aconsejado, me han abierto las puertas de sus hogares y más que nada me han hecho sentir bien y cómodo en Ibarra.

**Edison GP.**

# AGRADECIMIENTO

Me gustaría agradecer en estas líneas a varias personas y amigos por la ayuda de que me han brindado durante mi proceso de formación. En primer lugar, quisiera agradecer a mis padres que me han ayudado y apoyado en todo, a mi director, Dr. Mario Añazco, por haberme orientado en todos los momentos que necesité sus consejos.

A mis asesores, Dra. Patricia Aguirre PhD., Dr. James Rodríguez PhD. e Ing. Oscar Rosales Msc, por su tiempo y ayuda para mejorar los resultados del presente estudio y este trabajo final.

A la Universidad Técnica del Norte por ser la sede de todo el conocimiento adquirido en estos años.

Finalmente, a mis amigos: Cris, Ing. María, Liniker, Ana E, Fernando, Juan, David "Taba" y Daniel, que gracias al equipo que formamos logramos llegar vivos hasta el final del camino, con los mejores recuerdos, locuras, buenos y malos momentos, Gracias por todo.

**Edison GP**

## INDICE DE CONTENIDO

**Págs**

HOJA DE APROBACIÓN DEL COMITÉ ASESOR..... **¡Error! Marcador no definido.**

CERTIFICACIÓN ..... iii

REGISTRO BIBIOGRÁFICO ..... iv
DEDICATORIA ..... v
AGRADECIMIENTO ..... vi
INDICE DE CONTENIDO ..... vii
INDICE DE TABLAS ..... xi
INDICE DE FIGURAS ..... xi
INDICE DE ANEXOS ..... xii
RESUMEN ..... xiii
ABSTRACT ..... xiv

**CAPÍTULO I**

**INTRODUCCIÓN**

1.1. Objetivos ..... 3
1.1.1. General ..... 3
1.1.2. Específicos ..... 3
1.2. Preguntas directrices ..... 4

**CAPÍTULO II**

**MARCO TEÓRICO**

2.1. Fundamentación legal ..... 5
2.1.1. Constitución de la República del Ecuador ..... 5
2.1.2. Plan Nacional del Desarrollo ..... 5
2.2. Fundamentación teórica ..... 6
2.2.1. Sistema climático y clima global ..... 6
2.2.1.1. Clima ..... 7
2.2.1.2. Tiempo atmosférico ..... 8

2.2.1.3. Variabilidad climática ..... 8
2.2.1.4. Cambio climático ..... 9
2.2.1.4.1. Efectos e impactos del cambio climático ..... 10
2.2.1.4.2. Acciones para la mitigación y adaptación al cambio climático ..... 12
2.2.1.4.3. Escenarios de cambio climático ..... 15
2.2.1.4.4. Escenarios para el Ecuador ..... 16
2.2.1.4.5. Acciones del Ecuador frente al cambio climático ..... 17
2.2.2. Ciclo hidrológico ..... 19
2.2.2.1. Evaporación ..... 20
2.2.2.2. Evapotranspiración ..... 21
2.2.2.3. Escurrimiento ..... 21
2.2.2.4. Precipitación ..... 21
2.2.3. Cuencas hidrográficas ..... 22
2.2.4. WorldClim ..... 23
2.2.5. Experiencias ..... 24
2.2.5.1. Análisis del comportamiento climático de los últimos 30 años, en las costas de Esmeraldas, Manta y Puerto Bolívar durante la época húmeda. ..... 24
2.2.5.2. Análisis del comportamiento de la precipitación en el municipio de Buenaventura (Valle del Cauca, Colombia) en condiciones de desarrollo de los fenómenos El Niño y La Niña ..... 24

## CAPÍTULO III

## MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Caracterización del área de estudio ..... 25

3.1.1. Ubicación geográfica de la microcuenca del río Escudillas ..... 25
3.2. Materiales, equipos y software ..... 27
3.2.1. Materiales ..... 27
3.2.2. Equipos ..... 27
3.3.3. Software ..... 27
3.3. Metodología ..... 28
3.3.1. Obtención de datos ..... 28
3.3.1.1. Datos de precipitación ..... 28
3.3.1.2. Percepción de la gente ..... 29
3.3.2. Análisis ..... 30
3.4.3. Mapa de precipitación ..... 30
3.4.4. Escenarios futuros ..... 32

**CAPÍTULO IV**

**RESULTADO Y DISCUSIÓN**

4.1. Comportamiento multitemporal de la precipitación ..... 34
4.1.1. Intensidad ..... 35
4.1.2. Frecuencia ..... 37
4.1.3. Intensidad- Frecuencia ..... 38
4.2. Percepción de los pobladores locales ..... 39
4.2.1. Conocimiento sobre el clima ..... 40
4.2.2. Meses secos y de lluvia ..... 40
4.2.3. Variación del clima ..... 40
4.2.4. Causas del cambio de clima ..... 41
4.2.5. Meses que han variado ..... 42
4.2.5.1. Precipitación ..... 42

4.2.5.2. Temperatura ..... 44
4.2.5.3. Viento ..... 45
4.2.6. Impactos del clima ..... 46
4.3. Comportamiento de los patrones de la precipitación ..... 47
4.4. Escenarios Futuros de la precipitación ..... 49

CONCLUSIONES ..... 53
RECOMENDACIONES ..... 54
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS ..... 54
ANEXOS ..... 59

## INDICE DE TABLAS

**Págs**

**Tabla 1.** Medidas de mitigación por sectores prioritarios en el Ecuador..... 13

**Tabla 2.** Medidas de adaptación por sectores prioritarios en el Ecuador ..... 14

**Tabla 3.** Clasificación de la lluvia según la intensidad media en una hora ..... 21

**Tabla 4**. Coordenadas de ubicación de la microcuenca..... 24

**Tabla 5**. Precipitación maximas en el periodo 1966-2016 ..... 33

**Tabla 6**. Precipitación minimas en el periodo 1966-2016..... 34

**Tabla 7.** Parámetros estadísticos de la frecuencia de la precipitación..... 36

## INDICE DE FIGURAS

**Págs.**

**Figura 1.** Sistema climático..... 7

**Figura 2:** Efectos Invernadero..... 9

**Figura 3**. Cambios observados en la temperatura anual entre los años 1901 y 2012 ..... 16

**Figura 4.** Cambios observados en la precipitación anual entre los años 1901 y 2010 ..... 17

**Figura 5**. Distribución de emisiones netas del INGEI 2012..... 18

**Figura 6**: Ciclo hidrológico ..... 20

**Figura 7.** Impactos acumulados de las actividades humanas en una cuenca hidrográfica. ..... 23

**Figura 8**. Ubicación de la microcuenca del Rio Escudillas.....26

**Figura 9.** Flujograma del proceso de delimitación del área de estudio con Imágenes de Wordclim ..... 31

**Figura 10**. Flujograma del proceso de delimitación del área de estudio con datos INAMHI ..... 32

**Figura 11**. Intensidad media diaria (1966-2016)..... 36

**Figura 12.** Frecuencia (1966-2016)..... 38

**Figura 13.** Intensidad - Frecuencia (1966-2016)..... 39

**Figura 14.** Variación del clima..... 41

**Figura 15**. Causas del cambio de clima ..... 42

**Figura 16.** Aumento o disminución de Precipitación actual ..... 44

**Figura 17.** Aumento o disminución de Temperatura actual ..... 45

**Figura 18.** Aumento o disminución de Viento actual ..... 46

**Figura 19**. Impactos del clima ..... 47

**Figura 20**. Mapa de precipitación de condiciones actuales (Worldclim) ..... 48

**Figura 21.** Precipitación media anual ..... 50

**Figura 22.** Mapa de Escenarios futuros para el año 2050 ..... 52

## INDICE DE ANEXOS

**Págs.**

**Anexos 1.** Encuesta ..... 60

**Anexo 2**. Precipitación media mensual (1966-2016) ..... 63

**Anexo 3**. Precipitación anual 1966-2016 ..... 63

**Anexo 4.** Precipitación hace 50 años ..... 64

**Anexo 5.** Precipitación hace 25 años ..... 64

**Anexo 6.** Precipitación Actual ..... 65

**Anexo 7.** Aumento o disminución de Precipitación hace 50 años ..... 65

**Anexo 8.** Aumento o disminución de Precipitación hace 25 años ..... 66

**Anexo 9.** Aumento o disminución de temperatura hace 50 años ..... 66

**Anexo 10.** Aumento o disminución de temperatura hace 25 años ..... 67

**Anexo 11.** Aumento o disminución de Viento hace 50 años ..... 67

**Anexo 12.** Aumento o disminución de Viento hace 25 años ..... 68

**Anexo 13.** Mapa de precipitación de condiciones actuales (INAMHI) ..... 68

**Anexo 14.** Días de precipitación anuales 1966-2016 ..... 69

**Anexo 15**. Registro fotográfico de la fase de campo ..... 69

**Anexo 16.** Glosario ..... 72

**TITULO:** COMPORTAMIENTO DE LA PRECIPITACIÓN FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA MICROCUENCA DEL RÍO ESCUDILLAS

**Autor:** Edison Fernando Guerra Piedra

**Director de trabajo de titulación:** Dr. Mario José Añazco Romero, PhD.

**Año:** 2018

## RESUMEN

El planeta se encuentra en una constante transformación climática que depende de numerosos factores como los fenómenos naturales y las actividades antropogénicas que producen gases de efecto invernadero. No obstante, en las últimas décadas se ha tenido una influencia mayor en el clima, presentando impactos notables en el incremento de la temperatura y cambio en los regímenes hidrológicos, los cuales tiene impactos en la actividad humana, la alteración y perdida de especies de flora y fauna. Este estudio tuvo como objetivo contribuir con información actualizada que aporte a la toma de decisiones en materia de cambio climático, de manera particular a los productores que habitan en la microcuenca del río Escudillas ubicada en el límite provincial entre Carchi e Imbabura. El análisis se llevó a cabo mediante la obtención de datos del INAMHI de precipitación para determinar la intensidad y frecuencia en el periodo 1966-2016. Continuado de la aplicación y tabulación de una encuesta a las comunidades que habitan en la microcuenca para conocer su percepción y finalmente se proyectó escenarios futuros para el año 2050 en las cuatro vías de concentración representativas de los gases de efecto invernadero. Los resultados muestran modificaciones, en los 12 meses, por lo que se confirma con la percepción de la gente, que en la actualidad es difícil distinguir las épocas lluviosas de las secas, como en épocas anteriores. Los escenarios futuros en las cuatro vías de concentración no muestran un cambio considerable en lo que respecta a la cantidad de precipitación, pero si en la distribución de las mismas. Esto permite concluir que el cambio climático no afectará a la cantidad de precipitación anual, ya que se mantendrá en valores aceptables, Sin embargo, si afectará en lo que respecta a la distribución de las lluvias tanto en lugar y tiempo, volviendo a algunos sectores más vulnerables.

**Palabras claves:** Cambio Climático, precipitación, Intensidad, frecuencia escenarios futuros e impactos en la actividad humana

**TITLE:** PRECIPITATION BEHAVIOR REGARDING CLIMATE CHANGE IN THE "ESCUDILLAS" RIVER MICRO BASIN

**Author:** Edison Fernando Guerra Piedra

**Project Advisor:** Dr. Mario José Añazco Romero, PhD

**Year:** 2018

## ABSTRACT

Earth is in a constant climatic transformation that depends on factors such as natural phenomena and anthropogenic activities. In recent decades there has been a greater influence on climate, with impacts in temperature and change in hydrological regimes, impacts on human activity, alteration and loss of fauna and flora species. The objetive of this study was to contribute with new information for decisión-making regarding climate change, particularly to farmers who live in the Escudillas river micro basin, located on the provincial border of Carchi and Imbabura. The analysis was carried out with INAMHI data regardin precipitations to determine the intensity and frequency from 1966 to 2016. A survey was applied to the communities that inhabit the micro-basin to know their thinking and to project scenarios for the year 2050 in the four representative routes of greenhouse gases concentration. The results show modifications, in the 12 months, it is confirmed with the surveyed perception, that at present it is difficult to distinguish the rainy from dry seasons, usual in the past. The future scenarios in the four concentration routes do not show a considerable change in precipitation, but in their distribution. This allows us to conclude that climate change will not affect the amount of annual rainfall, since it will remain at acceptable values, however, it will affect the place and time distribution of rainfall, making another sectors vulnerable.

**Keywords:** Climate Change, precipitation, Intensity, frequency, future scenarios and impacts on human activity

# CAPÍTULO I
# INTRODUCCIÓN

El planeta se ha encontrado en una constante transformación, debido a diferentes agentes naturales que han generado modificaciones tales como: colosales fuerzas tectónicas y cambios atmosféricos drásticos. Todos estos fenómenos son manifestaciones naturales del entorno geográfico en el que vivimos (Román, 2006). Sin embargo, la evolución del clima depende de los numerosos elementos como los fenómenos naturales, las actividades antropogénicas y en especial a los gases efecto invernadero (Useros, 2012). El comportamiento de estas variables es un indicador de las condiciones ambientales, a las cuales se han adaptados los seres vivos y entre ellos la humanidad y las plantas (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), 2016). No obstante, en las últimas décadas se ha tenido una influencia mayor en el clima y las temperaturas, provocando alteraciones y acelerando procesos que se demorarían largos periodos de años (Semarnat, 2009).

Es lógico pensar que el uso de combustibles fósiles, los cambios de la cubierta vegetal o del cambio de uso de suelo son las principales razones, que han originado el cambio del clima y la composición de gases en la atmosfera (Fernández, 2002). Alcanzando a afectar la estructura y funcionamiento de los ecosistemas, alterando su fenología y las interacciones entre especies, en algunos casos favoreciendo la expansión de especies exóticas y plagas y aumentando los impactos naturales y antrópicos (Valladares, Pañuelas y Calabuig, 2005). En este contexto Moreno (2006), menciona que los impactos más notables que produce el cambio climático sobre la biodiversidad se da por dos efectos antagónicos: el aumento de la temperatura y la reducción de la disponibilidad de agua, los cuales tiene como consecuencia la alteración y perdida de especies de flora y fauna (Uribe, 2015).

El incremento de temperatura global producida por el efecto invernadero ha sido responsable del aumento del nivel del mar, de la perdida de capas de nieve y hielo, así como la tendencia en las precipitaciones, llegando afectar a sistemas hidrológicos y a la calidad de aguas (Useros, 2012), este último factor ha llegado a convertirse en un problema, ya que la fluctuación de las precipitaciones y las sequias afecta de diversa forma la actividad humana (Montealegre y Pabon,

2000), debido a que la frecuencia y severidad van en incremento, esto vuelve más difícil estar preparados ante fenómenos naturales (FAO, 2013). Y la creciente demanda sobre el uso de los recursos hídricos en varias áreas de la región de América, han llevado a la búsqueda de mejores conocimientos de los factores climáticos que influyen su distribución y variación espacial y temporal (Cedeño y Donoso, 2010). A pesar de que existen numerosos estudios que investigan los efectos potenciales del aumento de los gases de efecto invernadero (GEI) en la atmosfera sobre la función y servicios de los ecosistemas, una peculiaridad de cambio climático ha sido casi inexplorada como lo es la alteración de los patrones de precipitación, con un aumento en su variabilidad. (Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2007 y 2013).

El clima en el Ecuador está influenciado por su ubicación en la línea ecuatorial, la presencia de la cordillera de los andes, la Amazonia y el océano Pacifico, le permite tener periodos lluviosos y secos que se alternan (Cedeño y Donoso, 2010), registros y conocimientos del pasado permitían predecir las posibilidades de futuras sequias y lluvias, sin embargo, en la actualidad es cada vez menos confiable conocer los patrones de la precipitación, siendo este un factor dominante en la cantidad de los cauces de agua (FAO, 2013).

En el Ecuador se encuentra la cuenca del río Mira, que es una de las más importantes para la zona norte del País, ya que en esta cuenca se realizan varias actividades económicas productivas, siendo la principal la agricultura. Esta actividad genera una alta demanda de agua para riego (CISPDR, 2015). Pero la captación hídrica de sus afluentes ha sido alterada debido a que el caudal depende de las precipitaciones de la época lluviosa (Galarraga, s.f). Entre los afluentes secundarios se encuentra la microcuenca del río Escudillas que en los últimos años presencia cambios en sus ecosistemas, debido a la alteración en la precipitación, posiblemente ocasionados por el cambio climático y a la presión antrópica sobre áreas con cobertura natural (CISPDR, 2015). Además, las condiciones de productividad son impactadas, debido a la expansión agropecuaria, al mal manejo de agua para riego, la contaminación del suelo y el agua por agroquímicos, evidenciada en las últimas décadas (Censo Nacional Agropecuario, 2000).

La importancia que tiene el agua, siendo un recurso vital para la producción vegetal y animal, y las alteraciones en las épocas de lluvia, que antes se podían predecir y que ahora resulta difícil

conocer, vuelven una necesidad la contribución con información, que permita enfrentar los problemas que los agricultores tienen con el incremento de la temperatura y con los cambios en las precipitaciones, que afectan específicamente en la producción agropecuaria. Que es fundamental para la vida de los agricultores, porque su soberanía y seguridad alimentaria, depende de ello, esta dependencia se da por el acceso físico a los alimentos y también por el acceso económico, puesto que algunos cultivos y también la actividad ganadera, están vinculadas con el mercado, proceso mediante el cual los agricultores obtienen ingresos que les permiten satisfacer sus necesidades más frecuentes.

Por lo tanto, este estudio analizo los cambios que se han generado en la microcuenca del río escudillas sobre los recursos naturales e hídricos que se ven afectados por actividades antrópicas, específicamente; de esta manera se analizó los cambios de precipitación, tanto frecuencia e intensidad, facilitando la toma de decisiones en políticas y tecnologías para la conservación y desarrollo de la zona de manera sustentable.

## 1.1. Objetivos

### 1.1.1. General

Contribuir con información actualizada que aporte la toma de decisiones en materia de cambio climático, de manera particular a los productores que habitan en la microcuenca del río Escudillas.

### 1.1.2. Específicos

- Analizar multitemporalmente el comportamiento de la precipitación en su frecuencia e intensidad en la microcuenca del río Escudillas

- Identificar las percepciones de los pobladores locales respecto a los patrones dominantes de precipitación en los últimos 20 años.

- Proyectar un escenario futuro del comportamiento de la precipitación, respecto a los cambios pronosticados por el grupo de científicos que integran el IPCC y por los aportes obtenidos del objetivo 1 y 2.

### 1.2. Preguntas directrices

- ¿El comportamiento de la precipitación en los últimos 20 años, presento variaciones en su frecuencia e intensidad?
- ¿Las percepciones de la población local, señala que la precipitación tuvo cambios notables?
- ¿El escenario futuro de las precipitaciones señalan cambios profundos en los patrones de precipitación?

# CAPÍTULO II
# MARCO TEÓRICO

## 2.1. Fundamentación legal

A continuación, la fundamentación legal se sustenta en los siguientes instrumentos legales del país y la carrera de Ingeniería Forestal.

### 2.1.1. Constitución de la República del Ecuador

La investigación se realizó en el marco de la Constitución de la República del Ecuador vigente, en el Título séptimo (Régimen del buen vivir) de la misma, Capítulo segundo (Biodiversidad y recursos naturales), Sección sexta (Agua), el artículo 411, menciona que:

> "El Estado garantizará la conservación, recuperación y manejo integral de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos asociados al ciclo hidrológico. Se regulará toda actividad que pueda afectar la calidad y cantidad de agua, y el equilibrio de los ecosistemas, en especial en las fuentes y zonas de recarga de agua. La sustentabilidad de los ecosistemas y el consumo humano serán prioritarios en el uso y aprovechamiento del agua" (Asamblea Constituyente, 2008, pág.182)

### 2.1.2. Plan Nacional del Desarrollo

El presente estudio se enmarca en los objetivos, políticas, ejes y lineamientos estratégicos del Plan Nacional de Desarrollo siguientes:

a) **Objetivo 1 del PND:** Garantizar una vida digna con iguales oportunidades para todas las personas.

**Política 1.17:** Garantizar el acceso, uso y aprovechamiento justo, equitativo y sostenible del agua; la protección de sus fuentes; la universalidad, disponibilidad y calidad para el consumo humano, saneamiento para todos y el desarrollo,

b) **Objetivo 3 del PND:** Garantizar los derechos de la naturaleza para las actuales y futuras generaciones de sistemas integrales de riego.

c) **Directriz b.** Gestión del hábitat para la sustentabilidad ambiental y la gestión integral de riesgos.

**Literal b.3**. Promover una gestión integral y corresponsable del patrimonio hídrico para precautelar su calidad, disponibilidad y uso adecuado, con acciones de recuperación, conservación y protección de las fuentes de agua, zonas de recarga, acuíferos y agua subterránea; considerando el acceso equitativo de agua para consumo, riego y producción.

**Literal b.4.** Garantizar los caudales mínimos requeridos en las cuencas hidrográficas, con énfasis en aquellas en las que existan conflictos entre el aprovechamiento de agua para el consumo humano, los sistemas productivos, generación hidroeléctrica y el caudal ecológico (Secretaria Nacional de Planificación y Desarrollo [SENPLADES], 2017).

### 2.1.3. Línea de investigación

El estudio se enmarca en la línea de investigación de la carrera "Desarrollo agropecuario y forestal sostenible".

## 2.2. Fundamentación teórica

A continuación, se menciona aportaciones teóricas que han servido de referencia, tanto para el diseño de esta investigación como para la interpretación de sus resultados y conclusiones.

### 2.2.1. Sistema climático y clima global

Los patrones espaciales y temporales (ciclos diario y anual) de las diferentes variables climatológicas como la temperatura del aire, la precipitación y los vientos son el resultado de la distribución global del calor y de la humedad (Figura 1), de esta distribución depende el clima de un determinado lugar (Instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales (IDEAM), 2018), Sin embrago estos patrones climáticos varían continuamente, con el paso del tiempo estas variaciones evolucionan, ya sea por su propia dinámica o por forzamientos externos que lo afectan (Bavera y Béguet, 2003).

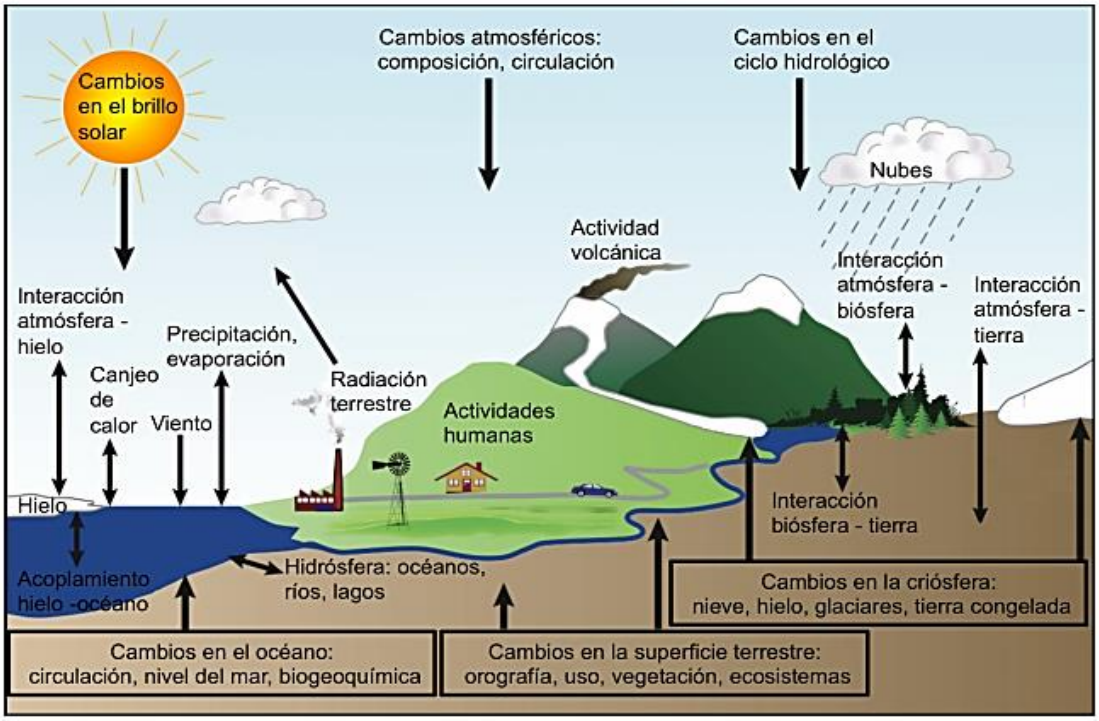



***Figura 1***. Sistema climático

**Fuente:** IPCC, 2007

### *2.2.1.1. Clima*

El conjunto de estados de tiempo meteorológico de numerosas observaciones y mediciones relativas a lo largo de muchos años es lo que se conoce como clima (Añazco, 2013), que está determinada por elementos que influyen en sus características tales como la temperatura,

precipitación, presión, humedad, viento y por factores que modifican el comportamiento de los elementos como latitud, altitud, relieve, corrientes mraítimas y distancia del mar (IDEAM, 2018).

#### *2.2.1.2. Tiempo atmosférico*

Es el estado de la atmosfera en un lugar y momento determinado y uno de los principales condicionantes de las actividades del ser humano, especialmente en la agricultura (Fundación Española para la ciencia y la tecnología (FECYT), 2004). Se lo describe evaluando algunos aspectos como: Factores del tiempo (presión barométrica, temperatura, humedad y viento), la nubosidad y los fenómenos especiales, que ocurren en el momento que se observa el estado del tiempo atmosférico (San Gill, Rivera y González, 1986).

#### *2.2.1.3.Variabilidad climática*

Se define como los ciclos o fluctuaciones de diversa duración del clima a través del tiempo tales como meses, años, o decenios (IDEAM, 2018). Es normal que, en diferentes años las variables climatológicas (temperatura y precipitación media, entre otras) fluctúen por encima o por debajo de sus valores promedio, en un periodo de análisis de por lo menos 30 años (Añazco, 2013).

El análisis de las secuencias históricas de anomalías en una variable climatológica de un determinado lugar, es posible observar que pueden intensificar o debilitar los parámetros meteorológicos, tales fluctuaciones se producen por procesos en los distintos componentes del sistema climático y por oscilaciones en la radicación incidente (IDEAM, 2018).

Los periodos en los que se presentan estas anomalías pueden tener diferente intensidad y duración, algo que caracteriza a una variabilidad, pudiendo llegar a ocasionar severos impactos (Cuadros, 2011). En el Ecuador los impactos más evidentes ocasionados por variabilidad climática son los conocidos fenómenos asociados al ciclo El niño y la Niña. (Añazco, 2013). La alteración de los dos ciclos es un rasgo bien identificado del Océano pacifico en un tiempo interanual (Montealegre, 2009).

### *2.2.1.4. Cambio climático*

El clima del planeta depende de muchos factores, como la más importante la cantidad de energía procedente del sol, aunque también intervienen otros factores como la concentración atmosférica de gases de efecto invernadero (GEI) y aerosoles (Figura 2). Estos factores determinan la proporción de energía solar que se absorbe o se refleja al espacio (GreenFacts, 2007). La concentración atmosférica de gases de efecto invernadero como el dióxido de carbono ($CO_2$), el metano ($CH_4$) y el óxido nitroso ($N_2O$), ha ido aumentado notablemente desde 1750 (Rodríguez y Mance, 2009). En conjunto, estos cambios de los gases de efecto invernadero y los aerosoles, traerán como consecuencia cambio tanto regionales, como mundiales, en las variables climáticas tales como la temperatura, la precipitación, entre otras (Añazco, 2013).

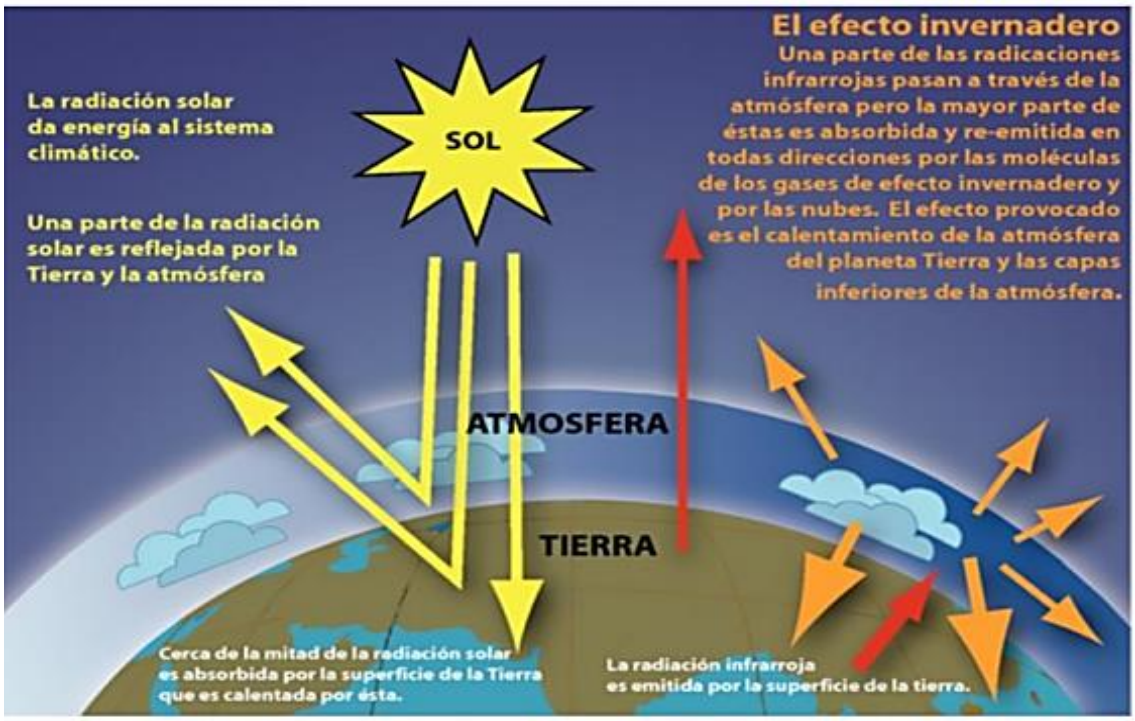



***Figura 2***: Efectos Invernadero.

**Fuente:** IPCC, 2007

El IPCC (2014) afirma que el origen de estos cambios en las variables climáticas está en la actividad humana como principal causante del cambio climático; el aumento de la concentración de dióxido de carbono se debe al consumo de combustibles fósiles, en específico del petróleo y el

carbón y a los cambios de uso de suelo, mientras que la agricultura es la principal causante del aumento de metano y óxido nitroso (Añazco, 2013).

Estas actividades alteran el equilibrio normal y tienden a calentar la superficie del planeta a causa del incremento de la concentración de gases de efecto invernadero en la atmosfera, (Greenpeace, 2009), debido a que estos gases y partículas de polvo absorben parte de la radiación producida por la Tierra y la envían en todas las direcciones, este incremento afecta la función principal que cumplen la presencia de estos gases en la atmosfera, ya que permiten que la temperatura sea la óptima para la vida; y el desequilibrio en las concentraciones normales de estos gases trae fuertes problema al planeta, ya que si fueran bajas, los niveles de temperatura estarían a valores de bajo cero, mientras que si fueran muy altas, la temperatura podría llegar a extremos de calor, en ambos casos harían de la tierra un escenario no factible para la vida (Rodríguez y Mance, 2009).

*2.2.1.4.1. Efectos e impactos del cambio climático*

El cambio climático afectará a todas las naciones, siendo los países en desarrollo los más vulnerables puesto que dependen de actividades sensibles al clima como la agricultura y no disponen de mucho dinero para adaptarse a las consecuencias del cambio climático (Useros, 2012). Se pronostica que la temperatura media del planeta para el año 2100 aumente entre 1,4 ºC y 5,8 ºC (Comisión Europea, 2006), esta alteración podría incluso desencadenar grandes catástrofes, tales como un rápido aumento del nivel del mar, inundaciones, grandes tempestades y escasez de alimentos y agua en algunas partes del mundo (Useros, 2012). Es difícil prever en qué medida el cambio climático podría afectar, dado que el clima mundial es un sistema complejo (Comisión Europea, 2011), pero se podría decir que los efectos e impactos serán más visibles en las áreas como:

La precipitación ha experimentado notables evoluciones en los últimos tiempos, en los que se ha registrado cambios en la cantidad, intensidad, frecuencia y tipo de precipitación a nivel mundial y local (IPCC, 2007). Estos cambios se deben al incremento del vapor de agua en la atmósfera debido al calentamiento de los océanos mundiales y a la alteración de superficies húmedas

(Ecosistemas vegetativos) que están intrínsecamente acoplados al funcionamiento hidrológico (Valencia y Tobón, 2017).

Estos cambios afectan directamente a las actividades del ser humano, además a los procesos edáficos, a la tasa de descomposición de materia orgánica y mineralización de nitrógeno en el suelo o procesos como la nitrificación y a las poblaciones de microorganismos del suelo (Miranda, 2007), procesos que son muy importantes dentro del ciclo de las plantas, ya que permiten que los nutrientes puedan ser asimilados, por lo que perturba el crecimiento y la productividad del ecosistema (Álvarez, 2010).

La agricultura, es la actividad productiva que depende directamente del clima y de su variabilidad, ya que los cambios que se presenten en los patrones tanto de temperatura, como de precipitación (Comisión Europea, 2011), puede beneficiar o afectar el rendimiento de los cultivos, provocar la proliferación de malezas, plagas y enfermedades (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), 2012), por lo que constituye una amenaza en la seguridad alimenticia mundial.

Los efectos biofísicos del cambio climático sobre la agricultura provocan cambios en la producción y precios, que se evidencian en el sistema económico a medida que los agricultores realizan ajustes de forma autónoma, modificando la combinación y el nivel de producción de sus cultivos, uso de insumos y comercio (Nelson et al, 2009) por lo que Satisfacer la demanda local y global de alimentos que cada vez requiere de mayores esfuerzos debido al incremento poblacional, demanda esfuerzos que aseguren la adaptación biológica de los cultivos y de los diversos sistemas de producción al cambio climático (IICA,2012).

El nivel del mar, ha aumentado entre 10 y 20 centímetros durante el siglo XX, puesto que, al calentarse las capas superiores de los océanos, el agua se expande, los deshielos de los glaciares como consecuente el nivel del mar aumenta (CENEAM, 2010), por lo tanto, este incremento afecta directamente a las poblaciones costeras, a los diferentes procesos del mar y factores asociados, llegando a poner en peligro de extinción a numerosas especies y a muchos ecosistemas al colapso (Lizana, 2010).

En lo social, puesto que el cambio climático tiene sus causas en gran medida en actividades antropogénicas, son las sociedades globales y locales, quienes enfrentaran sus consecuencias directa o indirectamente afectando las condiciones de vida en el planeta, ya que acrecienta la vulnerabilidad e incrementa la pobreza, (Buendía, 2007), procesos de industrialización moderno que se han ido levantando sobre la base de los combustibles fósiles, alteración y perdida de ecosistemas del cual millones de familias dependen, son actividades de las cuales se han realizado sin medir las consecuencias a mediano y largo plazo (Castro, 2017), Las proyecciones del clima futuro supone importantes impactos en los ecosistemas, en los grupos sociales y en la economía, amenazando de mayor manera a los más pobres, que son quienes tienen una menor capacidad de reacción y adaptación de los sistemas naturales y humanos (Moreno y Urbina, 2008).

*2.2.1.4.2. Acciones para la mitigación y adaptación al cambio climático*

Es necesario, tomar una serie de medidas que permitan mitigar los efectos del cambio climático y adaptarnos a los posibles escenarios que se den como consecuencia del cambio climático.

***a.*** **Mitigación**

Es una medida para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero por fuente y/o de incrementar la eliminación de carbono mediante sumideros. Una adopción temprana de medidas de mitigación rompería la dependencia de las infraestructuras de utilización intensiva de carbono y reduciría el cambio climático y las consiguientes necesidades de adaptación (IPCC, 2014 y 2015).

La mayor parte de las emisiones son producidas por un reducido número de países. De hecho, en 2010, 10 países generaron el 70% de las emisiones de $CO_2$ por quema de combustibles fósiles y procesos industriales (El Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente (MAPAMA), 2015). Los factores principales que impulsan el aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero a nivel global son el crecimiento de la economía y de la población (Buendía, 2007).

El Ecuador tiene extensas extensiones de selva tropical. Esta riqueza en biodiversidad ofrece una amplia gama de actividades y usos de la tierra, que probablemente se verán afectados por el cambio climático. Por lo tanto, el estado ecuatoriano propone medidas de mitigación en sectores prioritarios (Tabla 1), con el objetivo de hacer frente a los impactos del cambio climático.

**Tabla 1**.

*Medidas de mitigación por sectores prioritarios en el Ecuador*

| Sector | Necesidades, opciones y/o medidas |
|---|---|
| Energía | • Fortalecer la implementación de medidas para fomentar la eficiencia y soberanía energética, así como el cambio gradual de la matriz energética, incrementando la proporción de generación de energías de fuente renovable, contribuyendo así con la mitigación del cambio climático. |
| Agricultura | • Identificar e incorporar prácticas apropiadas para mitigar el cambio climático en el sector agropecuario, que puedan además fortalecer y mejorar su eficiencia productiva y competitividad |
| Cambio de uso de suelo y silvicultura | • Implementar medidas que aporten a la integridad y conectividad de los ecosistemas relevantes para la captura y el almacenamiento de carbono y manejar sustentablemente los ecosistemas intervenidos con capacidad de almacenamiento de carbono |
| Manejo de desechos sólidos y líquidos | • Fomentar la aplicación de prácticas que permitan reducir emisiones de GEI en los procesos relacionados con la provisión de servicios y la generación de bienes, desde su fabricación, distribución, consumo, hasta su disposición final |
| Procesos industriales | • Promover la transformación de la matriz productiva, incorporando medidas que contribuyen a reducir las emisiones de GEI y la huella de carbono, el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales renovables y el uso responsable de los recursos naturales no renovables |

Fuente: Sánchez y Reyes (2015)

### *b.* Adaptación

Es el proceso de ajuste al clima real o proyectado y sus efectos, que consiste en desarrollar la capacidad para moderar o evitar los daños o aprovechar las oportunidades beneficiosas. En algunos sistemas naturales, la intervención humana puede facilitar el ajuste al clima proyectado y a sus efectos. La adaptación es necesaria a corto y largo plazo para hacer frente a los impactos del

calentamiento, incluso con los escenarios de estabilización más prudentes utilizados (IPCC, 2007 y 2014).

En el Ecuador se necesita reducir la vulnerabilidad de su economía frente al cambio climático, y al mismo tiempo prepararlo en dirección de niveles bajos de carbono que limite las futuras emisiones de gases de efecto invernadero (Ludeña y Wilk, 2013). Por lo que prioriza medidas de adaptación en los principales sectores (Tabla 2).

***Tabla 2.***

*Medidas de adaptación por sectores prioritarios en el Ecuador*

| Sector | Necesidades, opciones y/o medidas |
|---|---|
| Soberanía alimentaria, agricultura, ganadería, acuacultura y pesca | • Implementar medidas que garanticen la soberanía alimentaria frente a los impactos del cambio climático |
| Sectores Productivos y Estratégicos | • Iniciar acciones para que los niveles de rendimiento de los sectores productivos y estratégicos, así como la infraestructura del país no se vean afectados por los efectos del cambio climático |
| Salud | • Implementar medidas de prevención para proteger la salud humana frente a los impactos del cambio climático |
| Hídrico | • Manejar el patrimonio hídrico con un enfoque integral e integrado por unidad hidrográfica, para asegurar la disponibilidad, uso sostenible y calidad del recurso hídrico para los diversos usos humanos y naturales, frente a los impactos del cambio climático |
| Patrimonio natural<br>Continuación…/… | • Conservar y manejar sustentablemente el patrimonio natural y sus ecosistemas terrestres y marinos, para contribuir con su capacidad de respuesta frente a los impactos del cambio climático |
| Grupos de atención prioritaria | • Tomar medidas para garantizar el acceso de los g Continúa…/… prioritaria y de atención prioritaria a recursos que contribuyan a fortalecer su capacidad de respuesta ante los impactos del cambio climático |
| Asentamientos humanos | • Incluir la gestión integral de riesgos frente a los eventos extremos atribuidos al cambio climático en los ámbitos y actividades a nivel público y privado<br>• Implementar medidas para incrementar la capacidad de respuesta de los asentamientos humanos para enfrentar los impactos del cambio climático |

Fuente: Sánchez y Reyes (2015)

*2.2.1.4.3. Escenarios de cambio climático*

Conocer los posibles efectos que el cambio climático puede presentar a futuro sobre una región o zona, representa una gran importancia, ya que permite la planeación de inversión de recursos en los sectores que tienen mayor vulnerabilidad al cambio y para tomar medidas prioritarias de mitigación del riesgo y de las consecuencias que pueda traer consigo los cambios en el clima (IDEAM, 2010). Los datos de modelamientos del clima futuro permiten determinar un insumo principal ante las vulnerabilidades en el recurso hídrico, en la salud, en la agricultura, en la infraestructura, entre otros. (Magrin, 2015).

La metodología empleada para la construcción de escenarios varía de acuerdo al propósito de la evaluación, pero una buena base seria el quinto informe de evaluación (AR5), publicado por el IPCC (Panel Intergubernamental del Cambio Climático por sus siglas en Ingles). Que han desarrollados modelos como herramientas para poder hacer una proyección climática futura (Puma y Gold, 2011).

Según IDEAM (2010), los escenarios pueden requerirse para:

- Ilustrar el cambio climático (en términos del presente clima)
- Proyección de las consecuencias potenciales del cambio climático, como, por ejemplo, estimar el cambio futuro de la vegetación natural e identificar especies en riesgo.
- Planeamiento estratégico ante riesgos de incrementos de nivel del mar y de inundaciones.
- Políticas de control de las emisiones, etc.

De acuerdo con el IPCC, ahora el cambio climático se evalúa a partir de cuatro escenarios diferentes (RCP 2.6, 4.5, 6.0 u 8.5), donde el comportamiento de la temperatura y la precipitación, depende del forzamiento radioactivo impuesto por la concentración esperada del GEI en las diferentes épocas de evaluación (IDEAM, 2007).

*2.2.1.4.4. Escenarios para el Ecuador*

Armenta, Villa y Jácome (2016) mencionan que, en el Ecuador, los registros globales muestran que, desde inicios del siglo XX, la temperatura se ha incrementado entre 0,4 y 0,8°C (Figura 3), mientras que la precipitación, desde ese mismo año, no ha presentado cambios significativos (Figura 4).

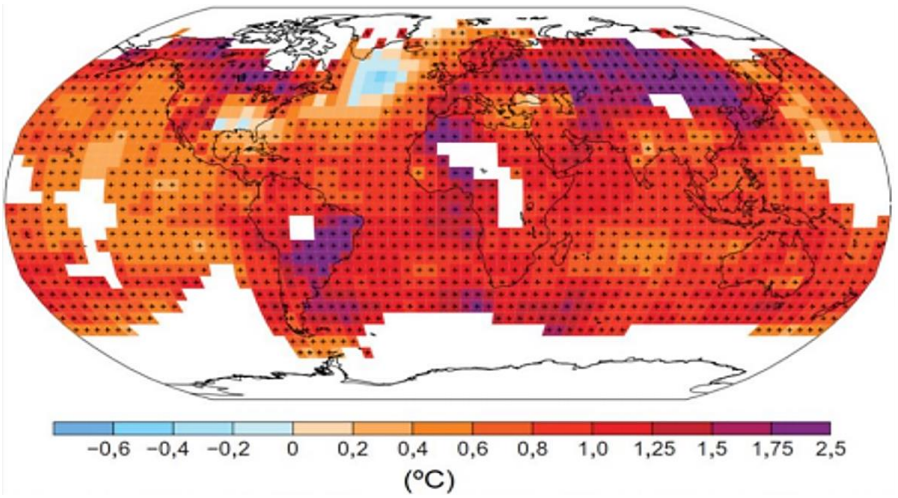



***Figura 3.*** Cambios observados en la temperatura anual entre los años 1901 y 2012.

**Fuente:** Armenta, Villa y Jácome, 2016

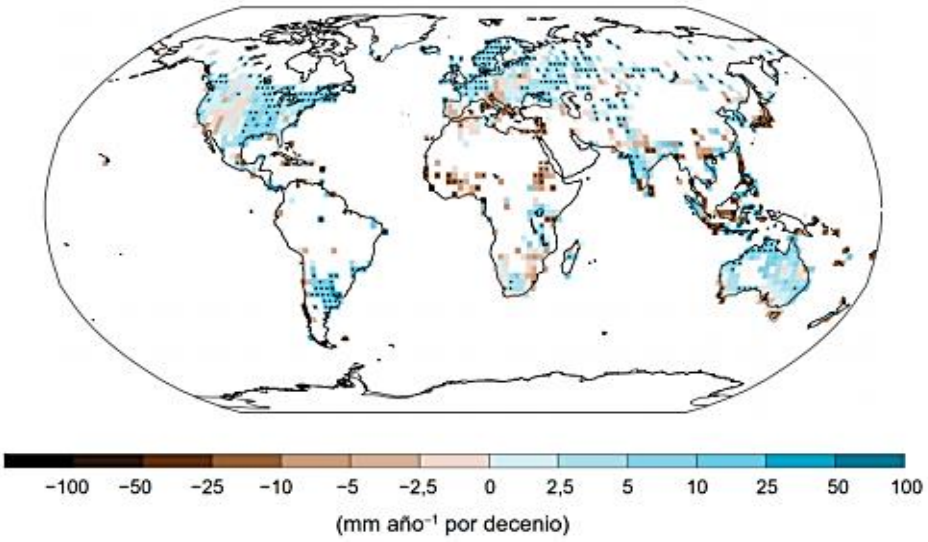



***Figura 4.*** Cambios observados en la precipitación anual entre los años 1901 y 2010.

**Fuente:** Armenta, Villa y Jácome, 2016

En general, las variables climáticas proyectadas, indican que en las décadas venideras, la temperatura media experimentaría un incremento de hasta 5ºC hacia finales del siglo, mientras que, los cambios en el nivel de precipitaciones durante la primera mitad del siglo serían más moderados, presentando mayores variaciones en las costas y algunas localidades de la sierra (Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), 2012), frente a esto, Ecuador ha tomado la acción y propone generar y desarrollar información necesaria para la planificación y toma de decisiones, incluyendo el desarrollo de escenarios de los efectos del cambio climático a nivel nacional y local, la evaluación de la vulnerabilidad de áreas geográficas, sistemas y sectores prioritarios (agropecuarios, forestal, biodiversidad, energía, salud, entre otros.) y de los impactos y costos económicos del cambio climático y de la variabilidad climática sobre esos sectores, la generación de información sobre las emisiones de GEIs y la evaluación de medidas de mitigación costo-efectivas (Ludeña y Wilk, 2013).

*2.2.1.4.5. Acciones del Ecuador frente al cambio climático*

Ministerio del ambiente del Ecuador, MAE (2017) menciona que, en el Ecuador las emisiones totales del INGEI 2012 ascienden a 80 627,16 Gg de CO2-eq, en la que el sector Energía genera el mayor aporte con 46,63% de dichas emisiones, seguido del sector USCUSS, con 25,35% de las emisiones totales netas, continuado del sector Agricultura con 18,17% de los GEI emitidos a la atmósfera. Siendo en conjunto los sectores Procesos industriales y Residuos lo que representan un aproximado del 10% de las emisiones del país, registrando 5,67% y 4,19%, en cada caso (Figura 5).

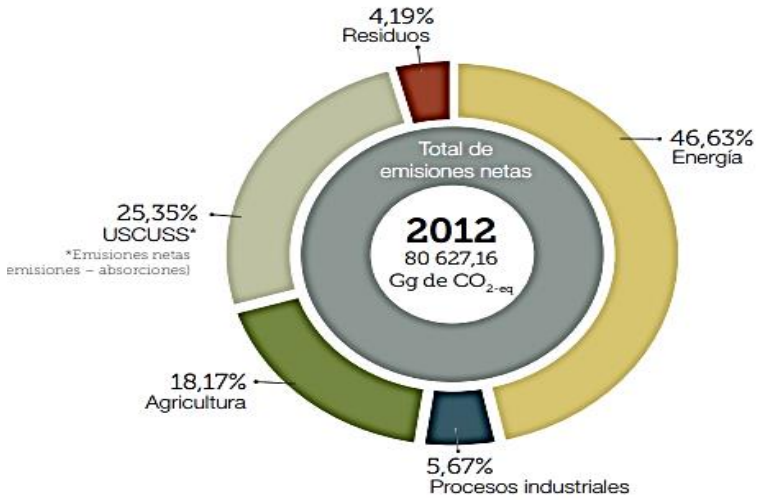



**Figura 5.** Distribución de emisiones netas del INGEI 2012.

**Fuente**: MAE, 2017

El Ecuador, como una de las PNAI de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) y del Protocolo de Kioto, no tiene compromisos obligatorios de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (MAE, 2017). Sin embargo, a tomado un importante número de acciones nacionales voluntarias frente al cambio climático tal como:

- La estrategia Nacional frente al cambio climático del Ecuador 2012-2025, que tiene como objetivo servir de línea base para que en Ecuador se tomen correctivos a tiempo. también se plantea, doblegar esfuerzos para conservar nuestros recursos forestales, manglares y páramos, apoyar y fomentar la eficiencia energética, mejorar las prácticas ambientales y bajar el consumo de nuestros recursos (MAE, 2012).

- El plan de Acción REDD+: Bosques para el Buen Vivir 2016-2025, que permite implementar acciones que contribuyan a la reducción de la deforestación y degradación de bosques, así como al manejo sostenible y la conservación de los recursos naturales con el objetivo de reducir emisiones del sector forestal y fortalecer la lucha contra el cambio climático. (MAE, 2014).
- El cambio de la matriz energética, que podrá ser sostenible en el futuro y que abastecerá con las necesidades energéticas de los seres humanos, generar menores gases de efecto

invernadero y permitirá el cambio de la principal fuente de economía el país como lo es el petróleo (Iglesias, Ruperti, Valencia y Moreira, 2017).

### 2.2.2. Ciclo hidrológico

El agua en el planeta atraviesa por la sucesión de diferentes etapas y su distribución es variada, dado que hay regiones que tienen abundancia mientras que otras su disponibilidad es escasa (Vera y Camilloni, 2002)**,** no obstante, la cantidad total de agua en el planeta no cambia ya que abarca toda el agua presente sobre la superficie del planeta o debajo de ella, es decir, el agua de mar y dulce, agua subterránea y superficial, agua presente en las nubes y la atrapada en rocas por debajo de la superficie terrestre que puede permanecer en cualquier de sus estados líquido, solido o gaseoso (Cuevas, 2016).

Ordoñez (2011), menciona que, el ciclo hidrológico implica un proceso de movimientos recirculatorio e indefinido o permanente, este proceso permanente del ciclo se debe principalmente a dos causas: la primera, se debe a que el sol proporciona la energía para elevar el agua (evaporación); la segunda, a la gravedad terrestre, que hace que el agua condensada descienda (precipitación y escurrimiento) (Figura 6).

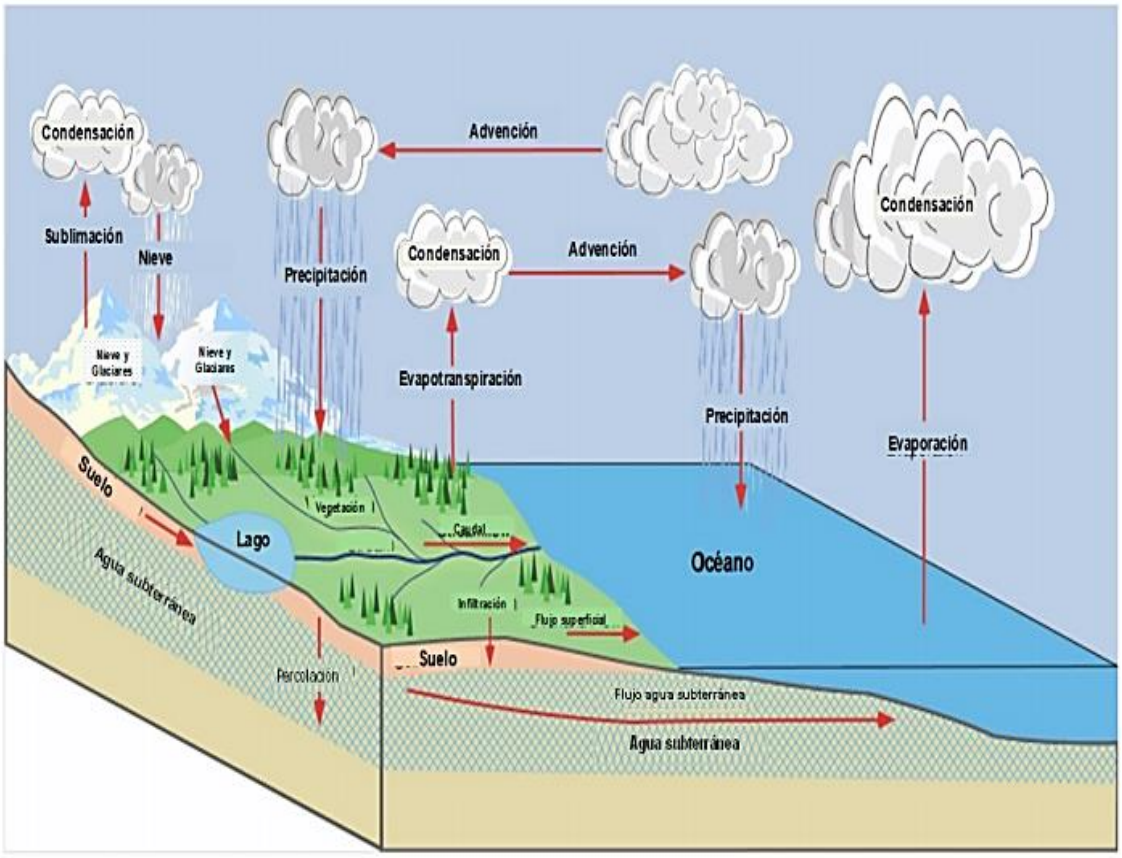



***Figura 6**:* Ciclo hidrológico.

**Fuente**: Ordoñez, 2011

### *2.2.2.1. Evaporación*

Es el proceso físico por el cual el agua cambia de estado líquido y se convierte en vapor (vaporización). El agua se evapora de una variedad de superficies, tales como lagos, ríos, caminos, suelos y la vegetación mojada, pero para poder cambiar de estado las moléculas de agua requieren de energía (FAO, 2006).

La radiación solar directa y, en menor grado, la temperatura ambiente del aire, proporcionan la energía necesaria para que las moléculas de agua estén en continuo movimiento y en consecuencia su velocidad y su energía cinética van creciendo, hasta que algunas se liberan de la atracción de las moléculas adyacentes y atravesar la interface líquido - gas, convirtiéndose en vapor (FAO, 2006).

### 2.*2.2.2. Evapotranspiración*

Es la suma de dos procesos diferentes como lo es la evaporación de la superficie terrestre y la transpiración de las plantas, la evapotranspiración depende de muchas variables, tales como la radiación solar en la superficie, temperaturas del suelo y del aire, humedad, vientos superficiales, condiciones del suelo y la cubierta vegetal (Mehta, Prados y Podest, 2017).

### *2.2.2.3. Escurrimiento*

Cuando llueve, una parte es interceptada por las plantas, otra se almacena superficialmente en una capa de hojarasca o de musgos y otra porción alcanza la superficie del suelo (Murillo, 2010), que puede seguir dos vías: que se infiltre en el suelo y fluye a través de éste, o se escurre superficialmente (Tobón, 2009). Estas vías están controladas por la capacidad de infiltración de cada suelo en particular, las características de la precipitación, el estado de humedad del suelo y la pendiente (Juncosa, 2005). Esto permite que la recarga del hídrica del suelo y de los acuíferos desde estos ecosistemas sea mayor, lo que provoca que los caudales de los ríos se mantengan incluso durante el verano (Tobón, 2009).

### 2.2.2.*4. Precipitación*

Es la cantidad de agua que cae a la superficie terrestre, siendo un elemento que constituye el clima y la que mayor variabilidad espacio-temporal presenta, y que al mismo tiempo es las que más fluctuación tienen con las actividades de los seres humanos (Pyszczek y Pérez, 2013). Este fenómeno sucede cuando la temperatura del aire desciende por debajo de su punto de roció y parte del vapor de agua contenido en el aire comienza a condesarse formando gotas de agua (Fisure, 2009).

FAO (2013), afirma que las características más importantes relacionadas a la precipitación son las siguientes:

- ***Frecuencia*** es el número de veces que se repite un determinado evento de lluvia en un período de tiempo más o menos largo, tomado generalmente en años.

- ***Intensidad*** es la cantidad de precipitación registrada en un tiempo determinado: una hora o un minuto, cuando las lluvias son muy intensas tienden a perderse por escorrentía, mientras que las menos intensas tienden a infiltrarse y son aprovechadas más (Monjo, 2010), por lo que mediante a la acumulación en una hora podremos evaluar el nivel el tipo de intensidad (Tabla 3).

**Tabla 3.**

*Clasificación de la lluvia según la intensidad media en una hora*

| Intensidad | Acumulación en una hora |
|---|---|
| LIGERAS | entre 0,1 y 2 mm |
| MODERADO | entre 2,1 y 15 mm |
| FUERTE | entre 15,1 y 30 mm |
| MUY FUERTE | entre 30,1 y 60 mm |
| TORRENCIAL | más de 60 mm |

**Fuente:** Monjo, 2010

### 2.2.2. Cuencas hidrográficas

Son espacios territoriales delimitados por altas montañas donde se concentran todos los escurrimientos que desembocan en el punto de salida de la cuenca, que puede ser un lago o el mar (Avalos, González, Pineda y Ríos, 2015). Estos territorios nos permiten entender lo que es el ciclo hidrológico, ya que es muy susceptible a cambios en el régimen de precipitación, temperatura, escurrimiento y a las actividades antrópicas (Figura, 7) que puede afectar positiva o negativamente la calidad y cantidad de agua, la capacidad de adaptación de los ecosistemas y la calidad de sus habitantes (Aguilar, 2010).

Avalos, González, Pineda y Ríos (2015), mencionan que, las cuencas hidrográficas son unidades funcionales, además de tener límites definidos y salidas, están estructuradas por una jerarquía, ya que pueden subdividirse en subcuencas, que se concentran y desembocan en un rio principal

***Figura 7***: Impactos acumulados de las actividades humanas en una cuenca hidrográfica.

**Fuente:** Avalos, González, Pineda y Ríos, 2015

### 2.2.4. WorldClim

Es un sitio que reúne datos climáticos a nivel mundial con diferentes resoluciones espaciales, de 30 segundos (1 km2), a 10 minutos (340 km2) aproximadamente en la línea del Ecuador. Estos datos se encuentran en el sistema de coordenadas WGS 1984 EPSG: 4326, y pueden ser utilizados para crear mapas y modelado espacial con sistemas de información Geográfica (SIG).

El conjunto de datos que proporciona Worldclim incluye las principales variables climáticas (temperatura máxima, media y mínima, precipitación, radiación solar, velocidad del viento y presión de vapor de agua), así como 19 variables bioclimáticas.

También contiene datos reticulados de las mismas variables para el periodo 1960 y 1990, así como proyecciones de temperatura y precipitación, basados en el quinto informe de evaluación del IPCC, que utiliza varios modelos de circulacion general (GSM) para las cuatro vías de concentración representativa (RCP), como también simuladores de temperatura y precipitación basadas en GSM

para eventos climáticos  qque sucedieron hace miles de años atrás tales como el Haloceno medio, el ultimo máximo glacial y el ultimo interglacial.

### 2.2.5. Experiencias

#### *2.2.5.1. Análisis del comportamiento climático de los últimos 30 años, en las costas de Esmeraldas, Manta y Puerto Bolívar durante la época húmeda.*

Se realizó a través de un monitoreado en tres estaciones a lo largo de la franja costera, de norte a sur del país, las cuales son Esmeraldas, Manta y de Puerto Bolívar pertenecientes de la Red Meteorológica Costera del INOCAR, el objetivo principal fue evaluar posibles cambios de temperaturas y precipitación en el comportamiento de la serie de datos mensual promedio del periodo 1981-2010. El resultado fue que existen un ligero aumento en la media y desviación estándar de las temperaturas superficial del aire y del mar respecto a la época húmeda entre los periodos de 1975-200 al de 1981-2010, sin embargo, para la precipitación se observó comportamientos diferentes en las tres estaciones de Esmeraldas, Manta y Puerto Bolívar, los análisis proyectan aumentos en el acumulado medio de Puerto Bolívar, mientras que, en Esmeraldas y manta, hay una disminución (Del Salto, Gálvez y Regalado, 2013).

#### *2.2.5.2. Análisis del comportamiento de la precipitación en el municipio de Buenaventura (Valle del Cauca, Colombia) en condiciones de desarrollo de los fenómenos El Niño y La Niña*

El estudio se lo realizo en el municipio de Buenaventura, Colombia, a una altitud que varía entre el nivel del mar y los 500 msnm, el promedio de precipitación anual es de 7400 mm y una temperatura promedio de 25,9 ºC. Donde se tomó como referencia series históricas de precipitación de nueve estaciones meteorológicas, para realizar un análisis de la variación anual y multianual de la lluvia e identificar la afectación real de los fenómenos. Los resultados fueron que los fenómenos ocurridos en el océano pacifico y las fluctuaciones de lluvia tienen una relación directa, por lo que se observó variaciones en el comportamiento temporal (Enriquez, Guzmán y Narváez, 2014).

# CAPÍTULO III
# MATERIALES Y MÉTODOS

## 3.1. Caracterización del área de estudio

A continuación se detalla la ubicación y características del área de estudio.

### 3.1.1. Ubicación geográfica de la microcuenca del río Escudillas

El estudio se realizó en la microcuenca del río Escudillas que tiene una superficie de 8.193 ha, ubicada en el límite provincial entre la Provincia de Carchi e Imbabura (Figura 8). Este río es de un caudal considerable, debido a que sus afluentes son de montaña con alto grado de disección y cuyas aguas sirven para riego de las comunidades Monte Olivo, Chuga, Sigsipamba y el Valle del Chota.

El río Escudillas presenta un patrón de drenaje paralelo, ya que sus terrenos están dominados por una pendiente regional, lo cual impone una dirección predominante con cauces paralelos, la microcuenca toma su nombre tras la unión del río Córdova, perteneciente a los límites políticos del cantón Pimampiro y el río San Miguel a la provincia del Carchi. Las laderas del río son escarpadas, pero pese a este factor se puede observar cultivos en algunos sectores.

**Tabla 4.**

*Coordenadas de ubicación de la microcuenca (UTM, WGS 84 17S)*

| Punto | Coordenada X | Coordenada Y | Altitud (m) |
|---|---|---|---|
| Norte | 853138 | 10048442 | 3912 |
| Este | 856528 | 10040788 | 3792 |
| Oeste | 842559 | 10044381 | 1735 |
| Sur | 850156 | 10033129 | 3701 |

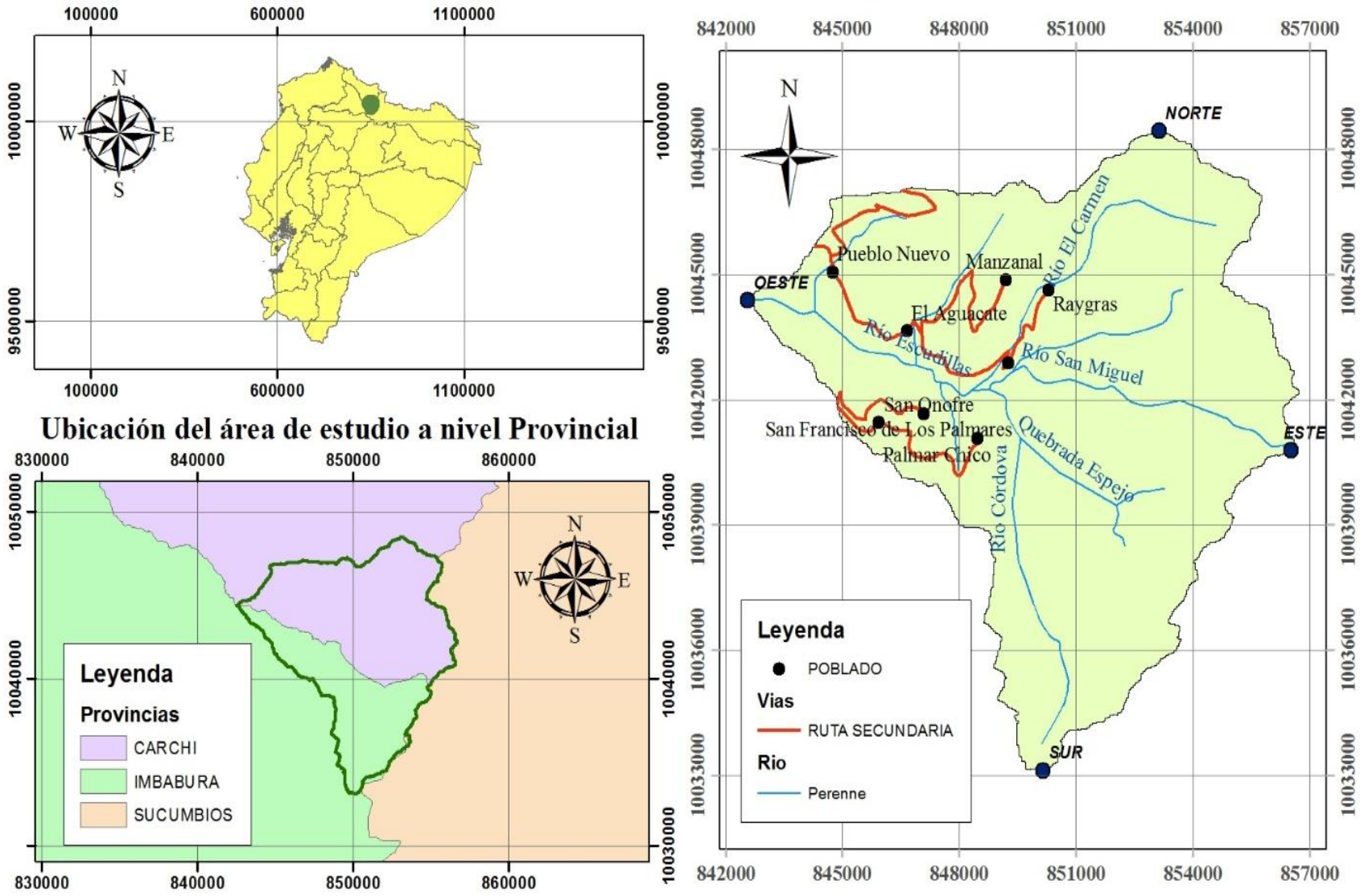



***Figura 8.*** Ubicación de la microcuenca del Rio Escudillas

## 3.2. Materiales, equipos y software

A continuación, se detallan los materiales, equipos y softwares usados para el cumplimiento de la investigación

### 3.2.1. Materiales

- Base de datos meteorológicos del INAMHI
- Imágenes multiespectrales
- Útiles de oficina

### 3.2.2. Equipos

- Computador
- Navegador Garmin Etrex 10
- Cámara Fotográfica
- Vehículo

### 3.3.3. Software

- Office 2016
- ArcGis 10.3 ®
- Past 3.20

## 3.3. Metodología

### 3.3.1. Obtención de datos

La obtención de los datos se obtuvo mediante el siguiente proceso:

#### *3.3.1.1. Datos de precipitación*

Para lograr el análisis multitemporal tanto de intensidad y frecuencia, se recopiló los datos meteorológicos del periodo 1966 - 2016 de la variable precipitación de las estaciones San Francisco y Pimampiro, que son las que se encuentran a una distancia más cercana a la microcuenca del río Escudillas, para después extrapolar los datos.

Para la interpolación de datos, se utilizó el programa estadístico Excel y Past 3.20, por la facilidad que ofrecen para la manipulación de los datos y la realización de gráficos para ilustrar y comprar datos.

Una vez obtenido los datos extrapolados se calculó la intensidad media diaria para el periodo de estudio, en la que se aplicó la formula a partir de la precipitación diaria.

$$I_d = P\ día\ /t$$

Dónde:

**$I_d$**= Intensidad media diaria.

**P día** = precipitación diaria

**t=** El intervalo de tiempo (<24 horas)

### *3.3.1.2. Percepción de la gente*

Se tomó los datos del último censo realizado en el año 2010, para conocer el número total de población y sus edades, para clasificarlos y aplicar la formula estadística, que permitió determinar el tamaño de la muestra.

$$n = \frac{Z_\alpha^2 Npq}{e^2(N-1) + Z_\alpha^2 pq}$$

Dónde:

**n** = el tamaño de la muestra.

**N** = tamaño de la población.

**σ** = Desviación estándar de la población, que generalmente cuando no se tiene su valor, suele utilizarse un valor constante de 0,5.

**Z*α*** = Valor obtenido mediante niveles de confianza. Es un valor constante que, si no se tiene su valor, se lo toma en relación al 95% de confianza equivale a 1,64 (como más usual) o en relación al 99% de confianza equivale 2,33, valor que queda a criterio del encuestador.

**e =** Límite aceptable de error muestral que, generalmente cuando no se tiene su valor, suele utilizarse un valor que varía entre el 1% (0,01) y 9% (0,09), valor que queda a criterio del encuestador.

La encuesta se aplicó con el fin de obtener información sobre conocimientos del clima, estacionalidad, cambios, e impactos que la población que habita en los lugares con más influencia en la microcuenca ha evidenciado y sus perspectivas para escenarios futuros en lo que respecta a la precipitación (Anexo 1).

### 3.3.2. Análisis

Mediante la extracción y generación de los datos meteorológicos de la precipitación y la información obtenida de la tabulación de la encuesta sobre la percepción de la gente, se realizó el análisis mediante el programa estadístico Excel y Past 3.20, para observar el comportamiento de la precipitación.

Se realizó dos análisis uno para observar la correlación que existe entre Intensidad y frecuencia de los datos meteorológicos de INAMHI y otro para análisis relacionar los datos de precipitación con las perspectivas de la gente.

### 3.4.3. Mapa de precipitación

Se realizó un mapa de las condiciones actuales mediante las imágenes obtenidas por Worldclim que será de referencia para la comparación con los escenarios futuros, también se procedió hacer otro mapa, mediante interpolación en ArcGis con los datos de las precipitaciones de INAMHI.

Para el mapa de referencia, se descargó un archivo ZIP, del servidor global (http://worldclim.org) en su primera versión, que tienen una base de datos más confiable, que contenía 12 capas (una por cada mes) en formato TIFF de la precipitación global en la más alta resolución, que fue de 30 segundos (0,93 x 0,93 = 0,86 $km^2$ en el ecuador).

Para el procesamiento de las capas se lo realizo en el software ArcGIS 10.3 para poder obtener el mapa de referencia de la precipitación para la microcuenca del río Escudillas (Figura 9).

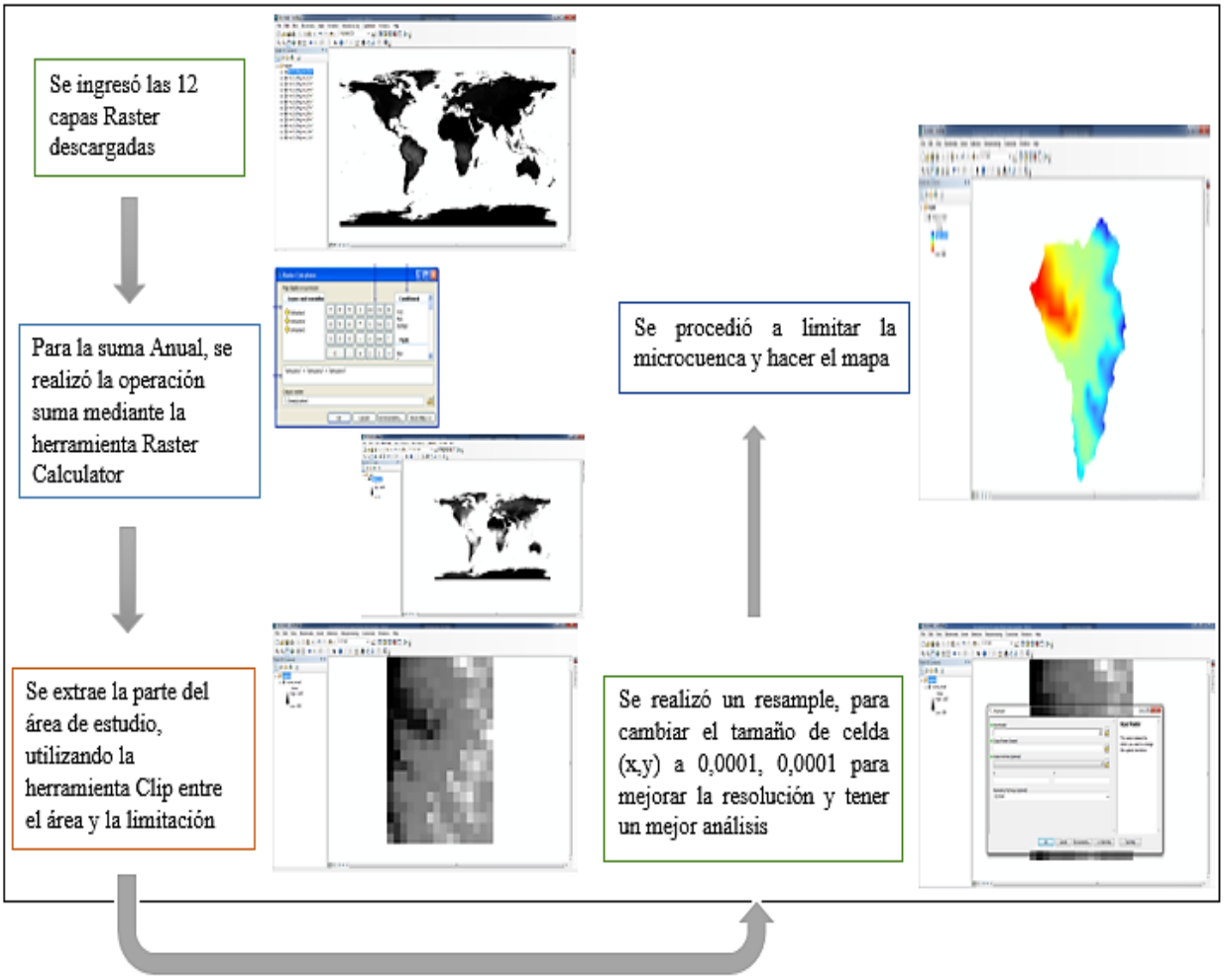



***Figura 9.*** Flujograma del proceso de delimitación del área de estudio con Imágenes de Wordclim

Para generar el mapa de Isoyetas, se utilizó los registros de precipitación, obtenidas de la base de datos del INAMHI, mediante el software ArcGis 10.3 (Figura 10).

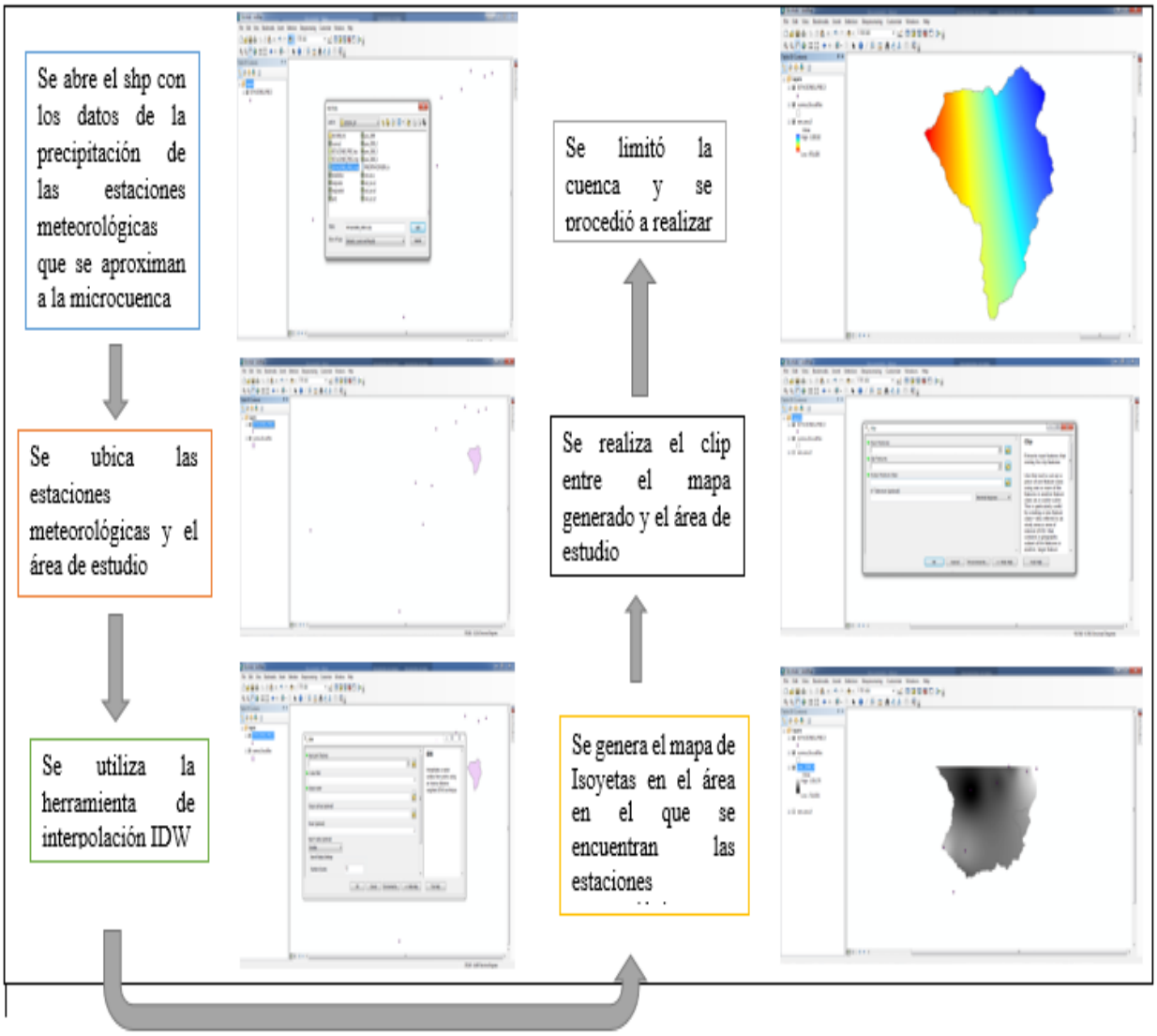



***Figura 10***. Flujograma del proceso de delimitación del área de estudio con datos INAMHI

### 3.4.4. Escenarios futuros

Se obtuvo datos que proceden de la base de datos global del servidor WordClim en su primera versión, que tienen datos climáticos mensuales promedio para la temperatura mínima, media y máxima y para la precipitación. (Hijmans, RJ, SE Cameron, JL Parra, PG Jones y A. Jarvis, 2005).

Para las proyecciones de las condiciones climáticas futuras, se utiliza los datos observados de las condiciones actuales como referencia y los modelos climáticos globales (MCG) para las cuatro

vías de concentraciones representativas (PCR). Que se manejan en el quinto informe de evaluación del IPPC.

Estas capas (datos de cuadricula) cubren las áreas terrestres globales, estos datos se encuentran disponibles en diferentes resoluciones espaciales, que se encuentran expresado como minutos o segundos de un grado de longitud y latitud (10 minutos, 5 minutos, 2.5 minutos y 30 segundos), para la investigación se descargaron las imágenes satelitales de precipitación (mm) con la resolución más alta de 30 segundos (0,93 x 0,93 = 0,86 $km^2$ en el ecuador), de los años 2016 y 2050, para representar las condiciones actuales y cuatro escenarios futuros con las cuatro vías de concentración representativas (2.6, 4.5, 6.0 u 8.5). Los datos se encuentran almacenados en archivos ZIP (Comprimidos), cada archivo contiene 12 capas de datos (una para cada mes).

Por lo que, para representar cada mapa de los cuatro escenarios del 2050, se realizó el mismo procedimiento del mapa de referencia (Figura 9).

# CAPÍTULO IV
# RESULTADO Y DISCUSIÓN

## 4.1. Comportamiento multitemporal de la precipitación

Los meses de marzo y abril son los que presentan mayor cantidad de lluvia, mientras que los meses de agosto y septiembre los más secos dentro del periodo 1966-2016 (Anexo 2), sin embargo, en este periodo, se han presentado valores máximos y mínimos fuera del rango promedio de precipitación, así como se muestra en la tabla 5 y 6, los valores de la cantidad de precipitación máxima y mínima por mes, así como el año de registro de estos valores.

**Tabla 5.**

*Precipitaciones máximas en el periodo 1966-2016*

| Mes | Valor Máximo (mm) | Año |
|---|---|---|
| Enero | 192.2 | 2009 |
| Febrero | 166.7 | 2013 |
| Marzo | 170.5 | 1986 |
| Abril | 172.3 | 1999 |
| Mayo | 214.5 | 2000 |
| Junio | 127.7 | 1971 |
| Julio | 172.9 | 2011 |
| Agosto | 110.8 | 1994 |
| Septiembre | 106.5 | 1984 |
| Octubre | 140.5 | 1969 |
| Noviembre | 157.2 | 1981 |
| Diciembre | 174.9 | 1966 |

**Tabla 6.**

*Precipitaciones mínimas en el periodo 1966-2016*

| Mes | Valor Mínimo (mm) | Año |
|---|---|---|
| Enero | 8.4 | 2004 |
| Febrero | 19.0 | 1981 |
| Marzo | 17.4 | 2001 |
| Abril | 30.2 | 1990 |
| Mayo | 11.2 | 1968 |
| Junio | 13.7 | 1998 |
| Julio | 23.3 | 2005 |
| Agosto | 1.5 | 2003 |
| Septiembre | 7.7 | 2009 |
| Octubre | 13.9 | 1992 |
| Noviembre | 10.1 | 1990 |
| Diciembre | 22.2 | 1984 |

En el periodo 1960 y 2006 para el Ecuador, se observa alteraciones tanto de incremento y disminución en lo que respecta a la época lluviosa y una época seca sin cambios considerables, pero que afectan de gran manera a los sistemas productivos y a la población dependiente de estos. (Ludeña y Wilk, 2013).

### 4.1.1. Intensidad

La microcuenca presenta una intensidad media diaria clasificada como ligeras en todos los meses, ya que sus valores se mantienen dentro del rango 0.1 y 2.0 mm de acumulación en una hora según la clasificación de Monjo (2010), de todos modos, se observa una fluctuación entre datos, como se observa en la Figura 11, siendo los meses de enero, junio, agosto y septiembre los de menor intensidad de precipitación, mientras que los de mayor intensidad son abril, mayo, julio, noviembre y diciembre, cabe recalcar que el mes de febrero y octubre, son los que presentan una

menor variación, mientras que los meses de noviembre y diciembre son los que muestran una mayor heterogeneidad.

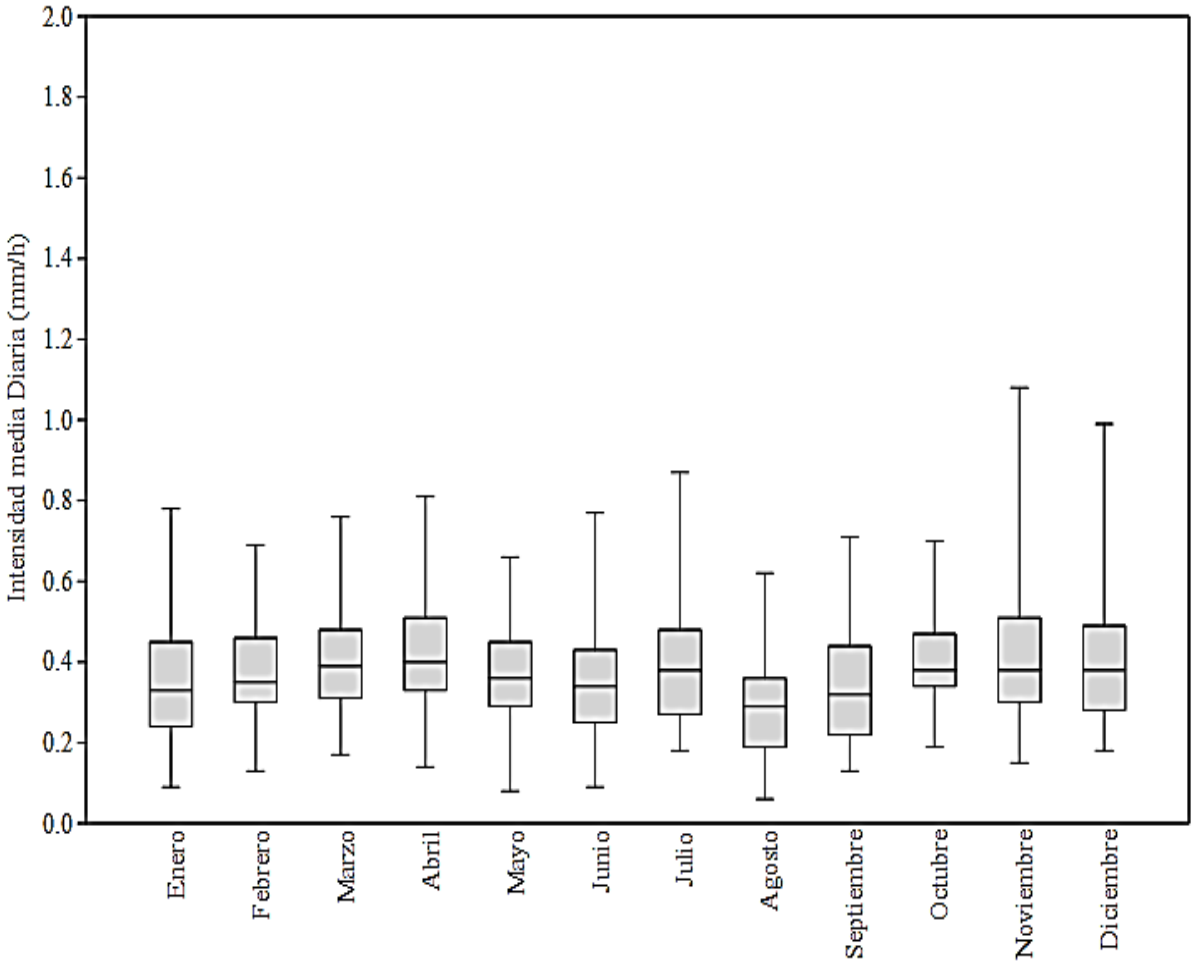



***Figura 11.*** *Intensidad media diaria (1966-2016)*

Las precipitaciones en el callejón interandino han sido de intensidades variables, pero las que mayormente se han registrado, están entre ligeras a moderadas (INAMHI, 2017), dado que, se relacionan básicamente con la condición orográfica del país, que tienen influencia en el callejón, el cual promueve el ascenso de masas de aires cálidos a las capas altas de la atmósfera y su posterior condensación (Villacis y Marrero, 2017).

Aleman y Alomar (2011) menciona que la causa básica del proceso de convección, se debe al contraste de temperaturas formado del resultado del calentamiento del aire en la superficie terrestre y el enfriamiento en las capas superiores.

### 4.1.2. Frecuencia

En lo que respecta a los parámetros estadísticos se observa que en la microcuenca existe una precipitación promedio anual de 823.4 mm, con un rango entre 539.7 y 1283.6 mm (Tabla 7); cabe recalcar que, los datos se encuentran agrupados y son homogéneos; es decir que, a pesar de la variación de las precipitaciones estas se mantienen uniformes.

**Tabla 7.**

*Parámetros estadísticos de la frecuencia en precipitación*

| Estadístico | Valor | Unidad |
|---|---|---|
| Media | 823.4 | mm |
| Error típico | 21.8 | mm |
| Desviación estándar | 155.6 | mm |
| Varianza de la muestra | 24206.6 | mm |
| Coeficiente de variación | 18.9 | % |
| Rango | 743.9 | mm |
| Mínimo | 539.7 | mm |
| Máximo | 1283.6 | mm |
| Suma | 41991.2 | mm |
| Cuenta | 51 | |

Las precipitaciones anuales más frecuentes en la microcuenca son del orden de 839.7 – 989.7 mm (Figura 12). Durante el periodo 1966 – 2016, la precipitación máxima se registró en el año 2011 con 1283.6 mm, seguido por el año 1974 con un valor de 1180,98 mm.

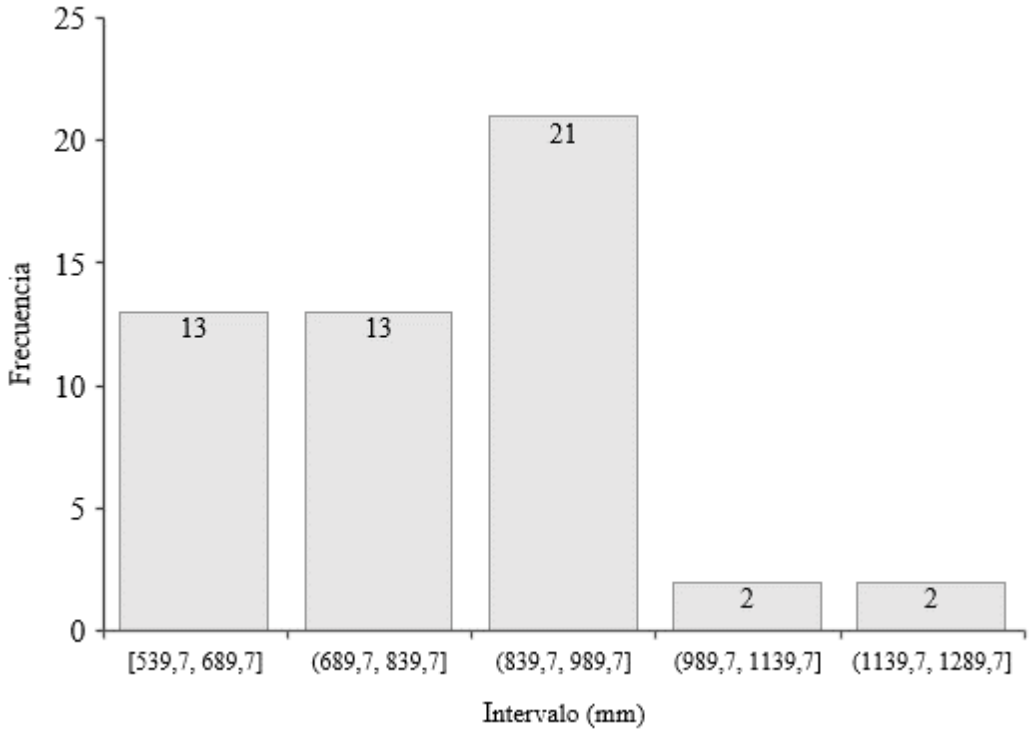



***Figura 12***. Frecuencia *(1966-2016)*

En un análisis realizado por el INAMHI (2017), los registros anuales de precipitación en la región interandina han presentado homogeneidad, pero en algunos años estos valores han superado los valores promedios y otros por lo contrario han presentado ser valores inferiores a 600 mm, como es el caso de los años de 1990, 1995 y 2004, que son considerados secos, ya que presentan registros de 589.35 mm, 539.73 mm y 588.48 mm respectivamente. La diferencia entre el valor más alto y el más bajo es de 743.90 mm, para los restantes años la precipitación ha mostrado mantenerse entre un rango de 600 y 1020 mm (anexo 3).

### 4.1.3. Intensidad- Frecuencia

En el análisis de correlación, se determina un coeficiente de 0.69, valor significativo en comparación a su correspondiente tabular al 5% de probabilidad estadística, mientras que el coeficiente determinación de la regresión fue de 0.80, cabe mencionar que el modelo empleado fue la regresión polinómica, factor 4, en donde se evidencia que la tendencia de la frecuencia vs la intensidad, es zigzagueante , donde los meses que mejor se ajustan a la curva son enero, mayo,

julio, octubre y noviembre, mientras que el mes de febrero, marzo y septiembre, son los que se encuentran más alejados de la curva, Cabe mencionar que para obtener el modelo, se transformó uno dividido para el valor de la frecuencia, para que el modelo tenga mejor ajuste, ya que los datos sin transformar, las ecuaciones resultantes no tenían un ajuste superior al 40%.

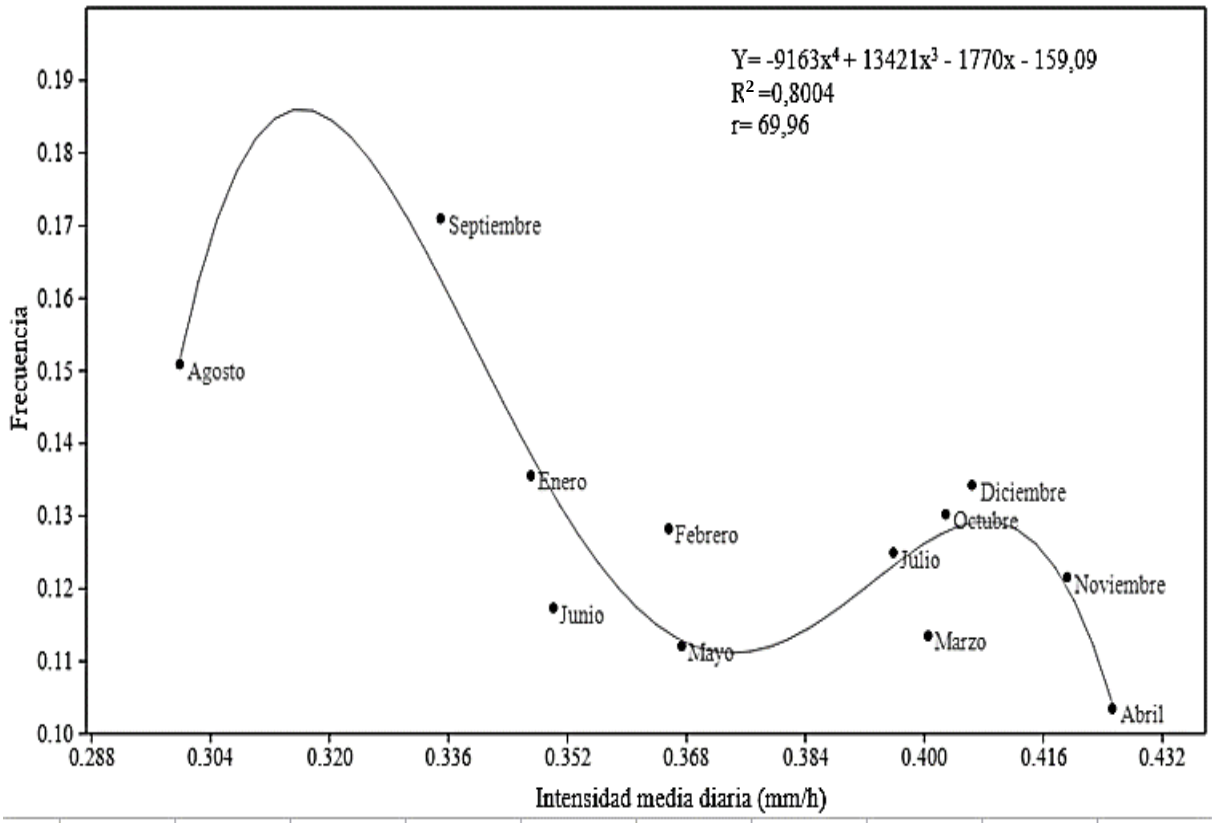



***Figura 13***. Intensidad - Frecuencia *(1966-2016)*

## 4.2. Percepción de los pobladores locales

La encuesta se aplicó a los lugares con fácil acceso y donde se congregaba la mayor cantidad de gente, la misma que fue distribuida en las parroquias de Monte Olivo y la parroquia de Chuga, donde se consideró a personas mayores de 40 años, que conozcan los cambios ocurridos en la zona, especialmente a agricultores.

### 4.2.1. Conocimiento sobre el clima

El 100% de los encuestados conceptúa al clima como la variación de tiempo, que este puede ser lluvia, viento y temperatura, que es un muy importante para el ser humano, pero especialmente para los cultivos, ya que es el medio para subsistir.

### 4.2.2. Meses secos y de lluvia

Los encuestados señalaron que hace 50 y 25 años (Anexos 4 y 5) atrás las temporadas seca y lluvia era muy marcada por lo que se podía pronosticar el estado del clima y los agricultores podían trabajar en función de las precipitaciones, por lo que contaban con un calendario de actividades agrícolas acordes a cada temporada, en este contexto manifestaron que los meses de lluvia eran de octubre a enero, mientras que de febrero a septiembre los consideraban como secos; pero a partir del año 2000, las percepciones de las personas es que el clima es muy variante y hace difícil predecir el tiempo.

Sin embargo, de acuerdo a la opinión de la población, pese a estas variaciones mencionan que en la actualidad (Anexo 6), consideran que los meses secos son de enero a septiembre y los meses lluviosos son de octubre a diciembre, esta información contrasta con la información obtenida por las estaciones meteorológicas. Al analizar y comparar los resultados con el estudio de Méndez (2009), afirma que no se observara un excesivo desplazamiento de periodos de lluvia, debido a que son varios factores que están involucrados en la precipitación, como son la humedad del aire, la temperatura, corrientes de aire propios de cada zona.

### 4.2.3. Variación del clima

De acuerdo a la Figura 14, el 70% de los encuestados están totalmente de acuerdo que hay una variación del clima en proporción, al 22% que está de acuerdo, el 6% no está ni acuerdo, ni desacuerdo y un 2% este desacuerdo con esta variación, considerando que es un fenómeno natural.

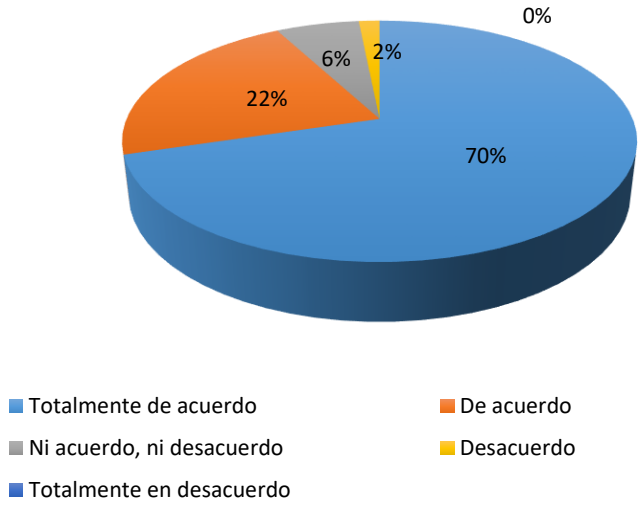



***Figura 14.*** Variación del clima

La población considera que existe una variación de clima y que es notorio estas alteraciones, ya que en la encuesta realizada se obtuvo que la mayoría eligió estar totalmente de acuerdo. Según Pinilla, Sánchez, Rueda y Pinzón (2012), afirman de forma positiva que el clima ha ido cambiando especialmente en los últimos 14 años, debido aumento de temperatura global de 0,74°C entre los años 1906 y 2005. Pero debido al desconocimiento de las consecuencias que la población tiene acerca de esta variabilidad climática, han considerado que esta variación ha traído aspectos positivos a las comunidades, como el introducir nuevos cultivos que antes no se daban y que mejoran sus posibilidades económicas ya que son más comerciables, pero pese a esto están conscientes que esta variación les ha presentado consecuencias como nuevas plagas y perdida de productos propios de la zona.

### 4.2.4. Causas del cambio de clima

De acuerdo a la percepción de la gente, respecto a las causas del cambio del clima, señalan que un 27% le acredita a la tala de bosques y desertificación, un 16% a la contaminación, los desechos y a la destrucción de la capa de ozono, un 15% al transporte (Automotriz, aéreo, ferrocarril, marítimo), un 10% que es un fenómeno natural, un 9% a los procesos industriales y agropecuarios, un 5% por el uso masivo de combustibles fósiles y un 2% considera que es a otras causas, como el cambio de uso de suelo, crecimiento poblacional, etc. (Figura 15).

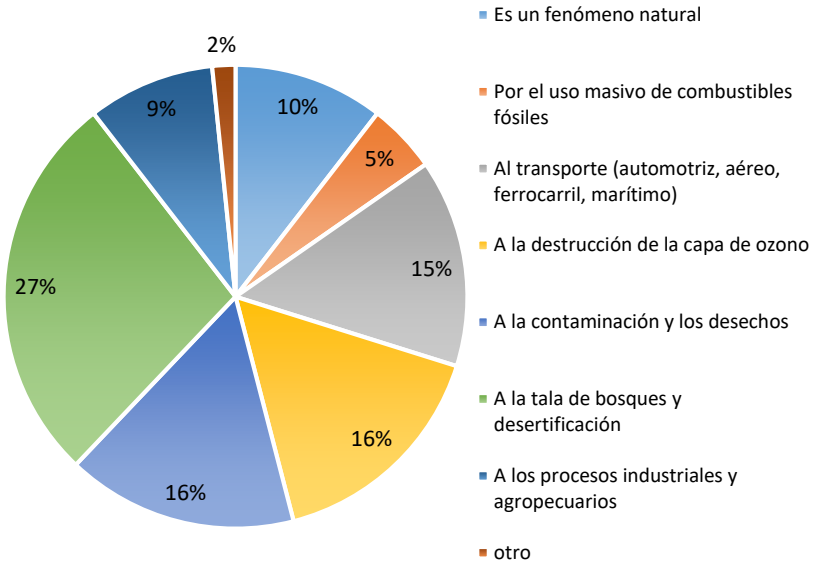



***Figura 15.*** *Causas del cambio de clima*

En el estudio realizado por Pinilla et al (2012) señala que las principales causas de los cambios en el clima son por efectos de ciclos naturales y la contaminación, Sin embargo, reconocen a las acciones antrópicas como dinamizadoras del clima, pero que no hay una relación directa entre el cambio de clima local, con el cambio climático.

### 4.2.5. Meses que han variado

Las tres variables que se tomó en consideración fueron precipitación, temperatura y viento para conocer los meses en lo que han podido evidenciar un aumentado o disminución de estas variables.

#### 4.2.5.1. Precipitación

Los encuestados mencionaron que hace 50 y 25 años atrás, los meses secos y de lluvia eran evidentes (Anexo 7 y 8), sin embargo, hubo meses en los que, si había variaciones, pero que no tuvieron un impacto considerable en sus actividades, como lo es actualmente, hace 50 años los

meses que presentaron un aumento fueron: enero, junio, julio, noviembre y diciembre, mientras que los que presentaron una disminución fueron febrero, marzo y mayo.

En cambio, hace 25 años los meses de enero, febrero, abril, junio, octubre, noviembre y diciembre presentaron un aumento, en cambio los meses de marzo, julio, agosto septiembre disminuyeron. A pesar de estos cambios la población afirmo que tenían disponibilidad de agua y una certeza de los meses que serían de lluvia, por lo que sus actividades no estaban afectadas y podían planificar.

No obstante, en la actualidad consideran que ya es complicado predecir las temporadas lluviosas, ya que existe variaciones muy notables en todos los meses del año, ahora existe una disminución en lo que son enero, febrero, marzo, julio, agosto, septiembre, octubre, noviembre y diciembre y un aumento como abril, mayo y junio. Aunque disponen de agua durante todo el año, este cambio les ha obligado a buscar alternativas tales como: nuevos cultivos, cambio en su método tradicional de agricultura, depender de químicos, etc. Todo con el fin de poder generar ingresos para vivir (Figura 16).

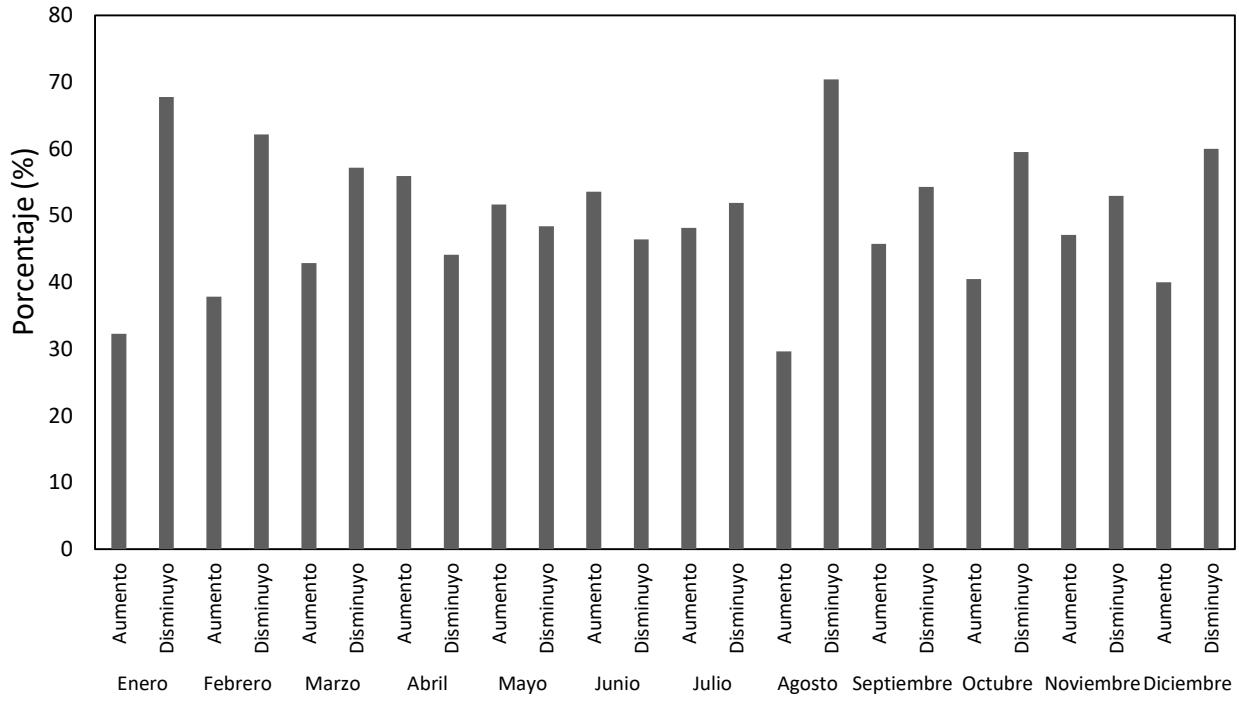



***Figura 16.*** Aumento o disminución de Precipitación actual

En el estudio realizado por Padilla, Miranda, Armas y Pugnaire (2015), mencionan que los cambios de clima han ocasionado una depreciación de un 20% de las precipitaciones durante el siglo XX, sin embargo, esta disminución no se presenta de manera uniforme en todas las localidades de una zona, por lo que para el siglo XXI se espera que las condiciones de algunas comunidades sean significativamente más secas, mientras que para otras la precipitación se incrementara.

#### 4.2.5.2. Temperatura

La población considera que la temperatura es el real problema que viven en cuanto a cambio climático, los encuestados manifiestan que la zona siempre se ha caracterizado por tener un ambiente cálido, pero que sus temperaturas eran tolerantes como hace 50 años donde habían meses donde hacía más frio como eran los meses de abril, mayo, junio, julio, octubre, noviembre y diciembre (Anexo 9), mientras que los meses de febrero, marzo, agosto y septiembre hacia más calor, algo muy diferente a lo que se vive desde hace 25 años (Anexo 10), hasta la actualidad (Figura 17), donde el 100% de los encuestados están de acuerdo que la temperatura ha aumentado en todos los meses y que han tenido que adaptarse aprovechando este incremento para introducir nuevos cultivos, para mejorar su economía, ya que han perdido cultivos propios del lugar, sin embargo, la aparición de nuevas plagas como mosquitos, han traído enfermedades a personas, animales y plantas.

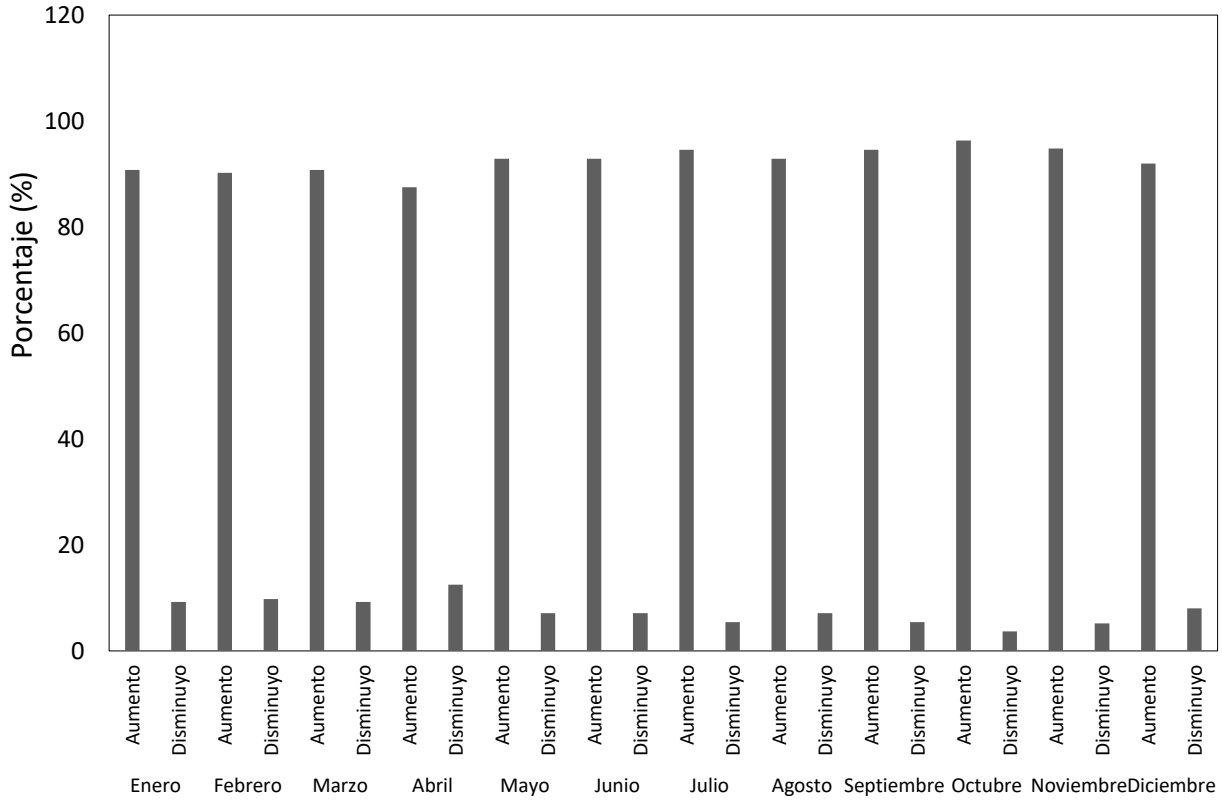



***Figura 17.*** Aumento o disminución de Temperatura actual

Useros (2012) menciona que debido al aumento de las concentraciones de $CO_2$ atmosférico y de otros gases de efecto invernadero, la temperatura media mundial podría elevarse entre 1,8 y 4 grados centígrados, este incremento estará asociado con los efectos potenciales en todos los ecosistemas y en la salud humana

### 4.2.5.3. Viento

El 100% de los encuestados afirman que los vientos han aumentado, siendo estos benéficos, ya que permite que el ambiente en la zona sea más fresco, sin embrago también manifestaron que el problema más grave es que, existen días en el que el viento levanta mucho polvo ocasionando que las personas se enfermen (Anexo 11 y 12 e Figura 18).

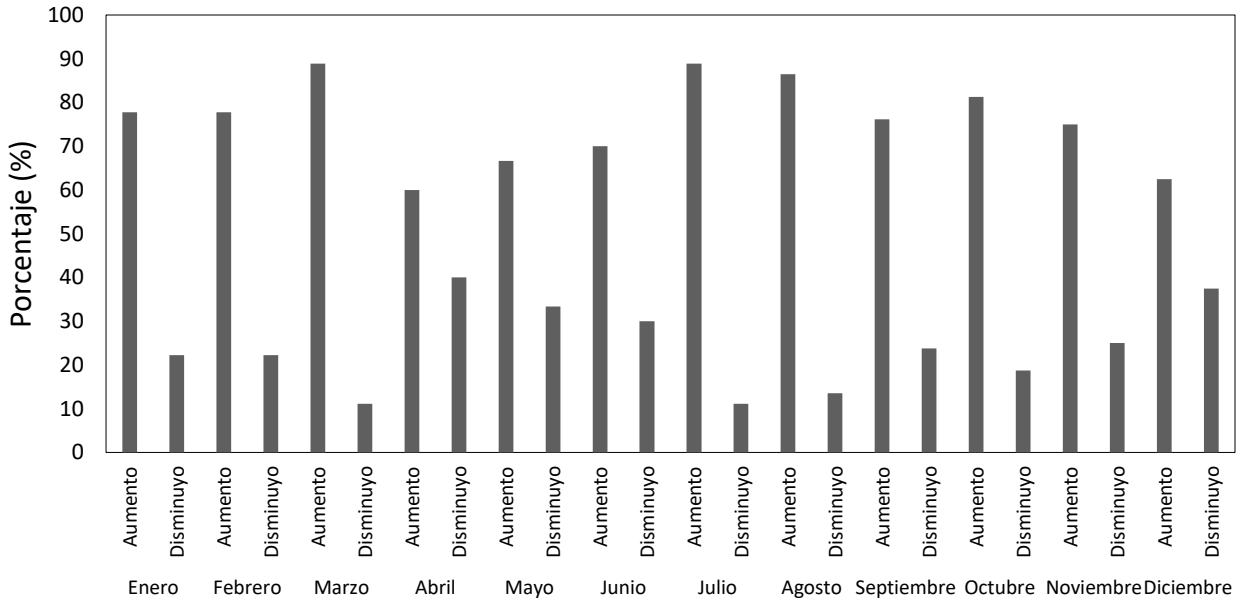



***Figura 18.*** Aumento o disminución de Viento actual

Useros (2012) manifiesta que, el comportamiento de los vientos puede cambiar debido que están condicionadas a las variaciones de la temperatura atmosférica y a la circulación océano-atmosfera, llegando a provocar desastres naturales y afectando actividades antrópicas, sin embargo, la magnitud del viento, podría afectar y exponer la salud de las personas.

### 4.2.6. Impactos del clima

Los resultados de la Figura 19 muestran que el 24% de las personas opinan que el impacto causado por los cambios climáticos se evidencia más en la agricultura, ya que en la actualidad se dan cultivos que antes no podían darse debido a las condiciones del sitio, como lo es el plátano, aguacate, entre otras. Pero como consecuencia han perdido cultivos propios de la zona, además se han se han visto obligados al uso de químicos para no perder las cosechas, que cada vez va en aumento. Useros (2012) menciona que la vida de diferentes especies de flora y fauna está condicionada por el permanente equilibrio entre diversos factores, en el que el sistema climático tiene un rol determinante, ya que influencia condicionalmente las características básicas de los distintos ecosistemas sobre la especie humana y sus actividades.

Los cambios del clima sin duda tendrá impacto sobre la salud de las personas, debido a la alteración de la estructura térmica y de la calidad de agua de los ríos y lagos en varias localidades, donde no existe potabilidad del agua (Useros, 2012), un 14% de los encuestados mencionan que la salud, sea visto afectada por los cambios del clima, las enfermedades son más frecuentes tales como: la gripe, fiebre, infecciones, etc. y en varias ocasiones deben salir de la zona para una mejor atención médica, el resto de indican a un 13% en la economía, ya que varias personas dependen de la agricultura y de la ganadería, un 12% en la ganadería, aunque no son muchas personas que se dedican a esta actividad en la zona, han podido evidenciar que es un problema estas variaciones ya que los animales se enferman y deben utilizar medicamentos, un 11% en el suelo, un 10% en el agua, un 9% en la fauna, y un 7% en la vivienda.

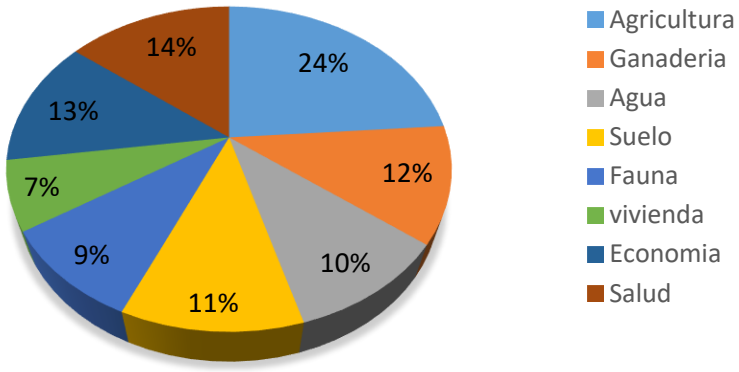



***Figura 19.*** Impactos del clima

### 4.3. Comportamiento de los patrones de la precipitación

Las percepciones de la precipitación en la microcuenca del río Escudillas, no son del todo acertadas, ya que existen diferentes grados de percepción, entre las comunidades encuestadas y los datos meteorológicos de INAMHI, la percepción de que las lluvias han disminuido no es correcta, ya que comparado con los datos meteorológicos se evidencia un incremento en los valores mensuales, del mismo modo la percepción de la distribución de lluvia durante el año no es correcta ya que las fluctuaciones de precipitación se han mantenido similar durante el periodo 1966-2016 (Figura 20).

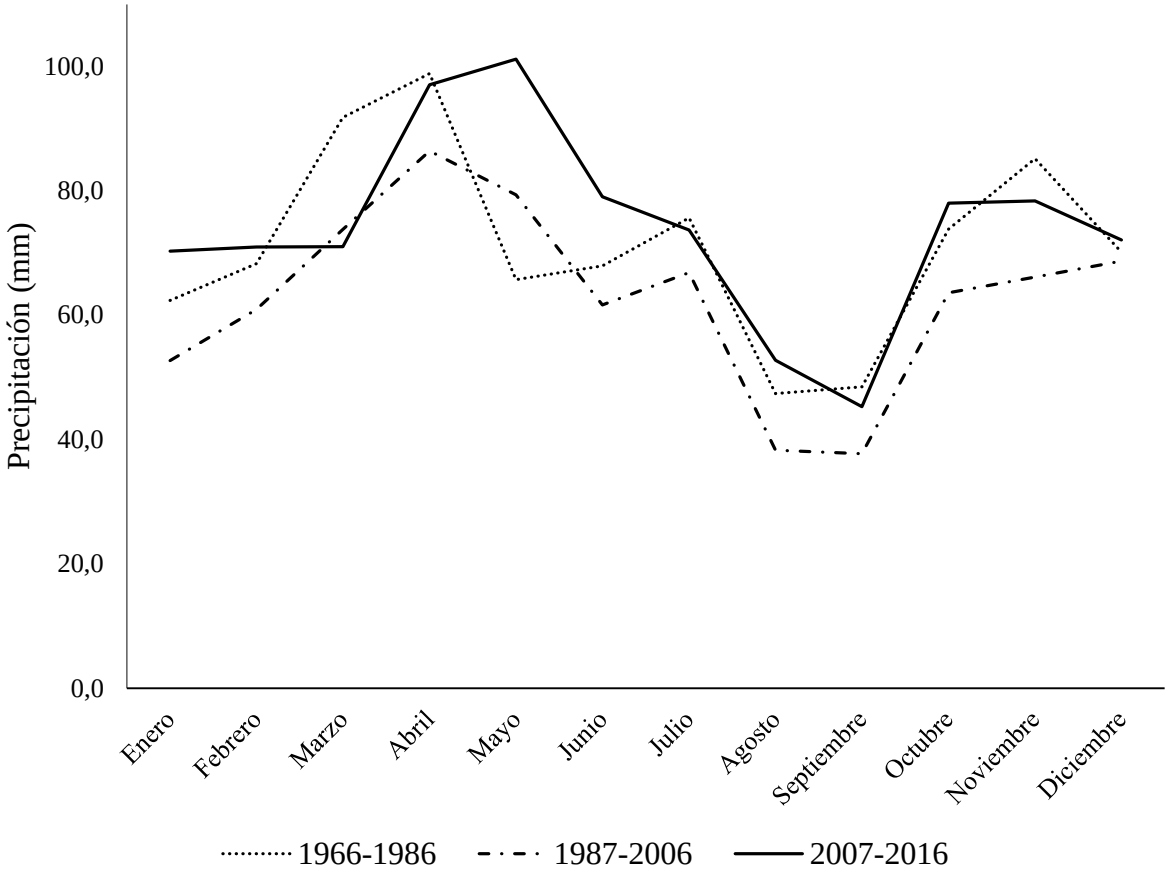



***Figura 20.*** Precipitación media anual

En lo que respecta a la percepción de la precipitación los agricultores al tener establecidos los periodos de siembra y cosecha, son aquellos que están más pendientes de la variación climática. Vargas (1994), menciona que el uso de información obtenida por percepción es muy importante, ya que permite conocer la realidad de un sitio.

## 4.4. Escenarios Futuros de la precipitación

Para el análisis de los escenarios futuros se realizó el mapa de referencia con las condiciones actuales para la microcuenca del río Escudillas (Figura 21), donde se observa que la precipitación se encuentra en un rango 1372 a 569 mm, donde los lugares con menos precipitación es la parte baja de la cuenca donde se ha podido evidenciar actividades antropogénicas, mientras que los lugares donde hay mayor cantidad de precipitación es donde todavía se mantiene formaciones boscosas y paramo, y al realizar un mapa de precipitación con datos reales de INAMHI (2017), se pudo observar que el rango de precipitación cambio, ya que esta oscila entre 1285,82 mm hasta 974,405 mm, además se percibió que existe mayor precipitación en la zona alta de la cuenca. En lo que a la investigación concierne, los mapas de proyección obtenidos muestran una alta semejanza con el patrón que proyecta los datos de INAMHI (Anexo 13).

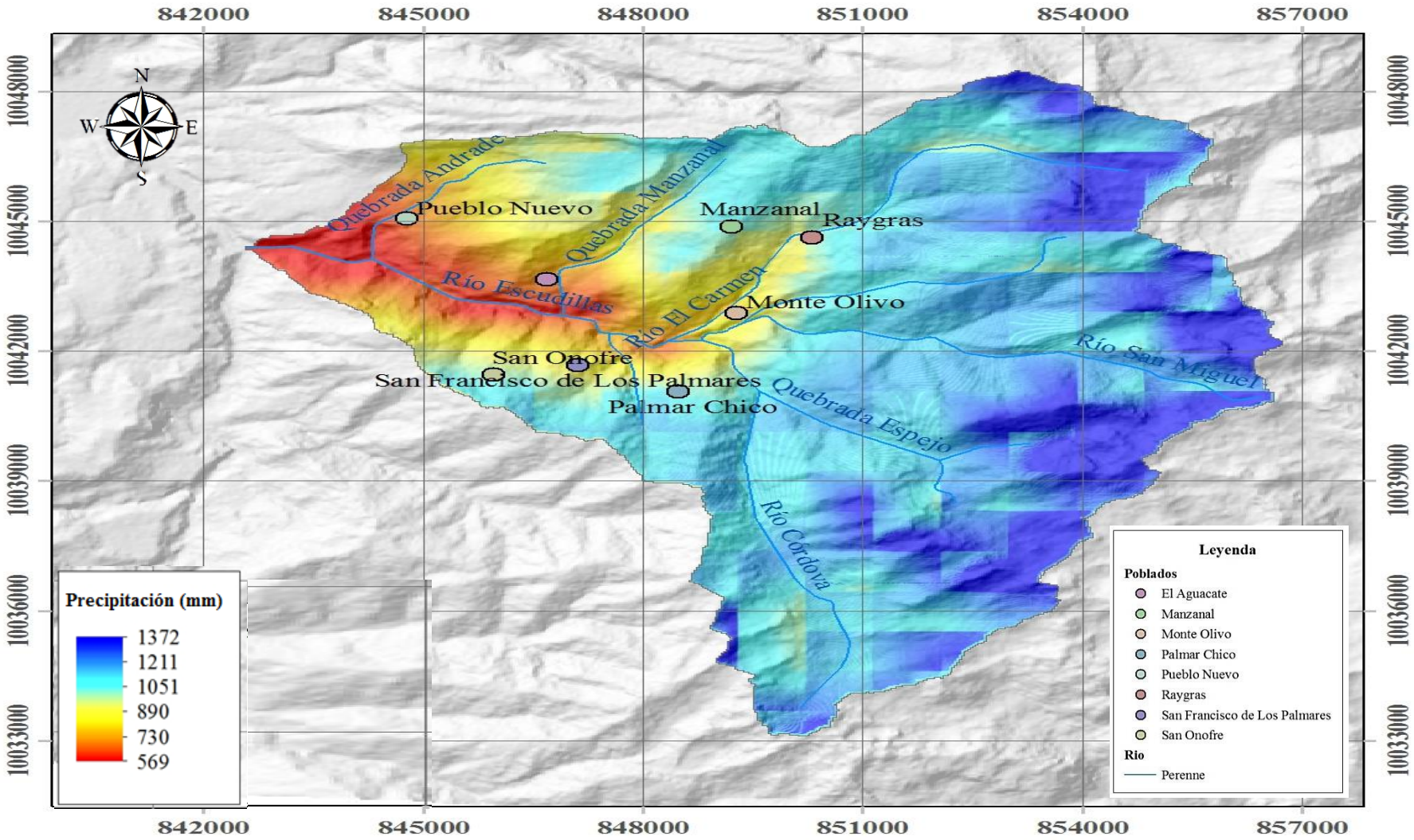



***Figura 21***. Escenario Actual de la precipitación de condiciones actuales (Worldclim)

Estas proyecciones de precipitación para el año 2050 son las más recientes que se utilizan en el quinto Informe de evaluación del IPCC, que se basan en cuatro vías de concentración representativas de gases de efecto invernadero (RCP), los escenarios futuros señalan que habrá un aumento de precipitación en las zonas altas de la microcuenca, mientras que en las zonas bajas la precipitación disminuirá, también habrá un cambio de distribución en diferentes zonas.

Para el escenario 1 (RCP 2,6) se asume que las emisiones anuales globales de GEI alcanzan su punto máximo entre 2010 – 2020 y que a partir ahí las emisiones disminuyen considerablemente, en este escenario las precipitaciones aumentan 1448 mm para las zonas altas de la microcuenca y para la zona baja la precipitación disminuirá 590,71 mm y donde la distribución de precipitación al igual que los demás escenarios habrá cambiado en comparación al mapa de las condiciones actuales.

En el escenario 2 (RCP 4,5), las emisiones alcanzan un máximo alrededor del año 2040 y luego disminuyen, en este escenario la precipitación estará en un rango 1436,91 y 586,38 mm, para el escenario 3 (RCP 6), las emisiones alcanzan un máximo alrededor del 2080, luego disminuyen, en este escenario la precipitación se encuentra en un rango de 1423,72 y 585,95 mm y para el escenario 4 (RCP 8,5), las emisiones continúan aumentando a lo largo del siglo XXI, presentando precipitaciones 1452,83 y 594,61 mm.

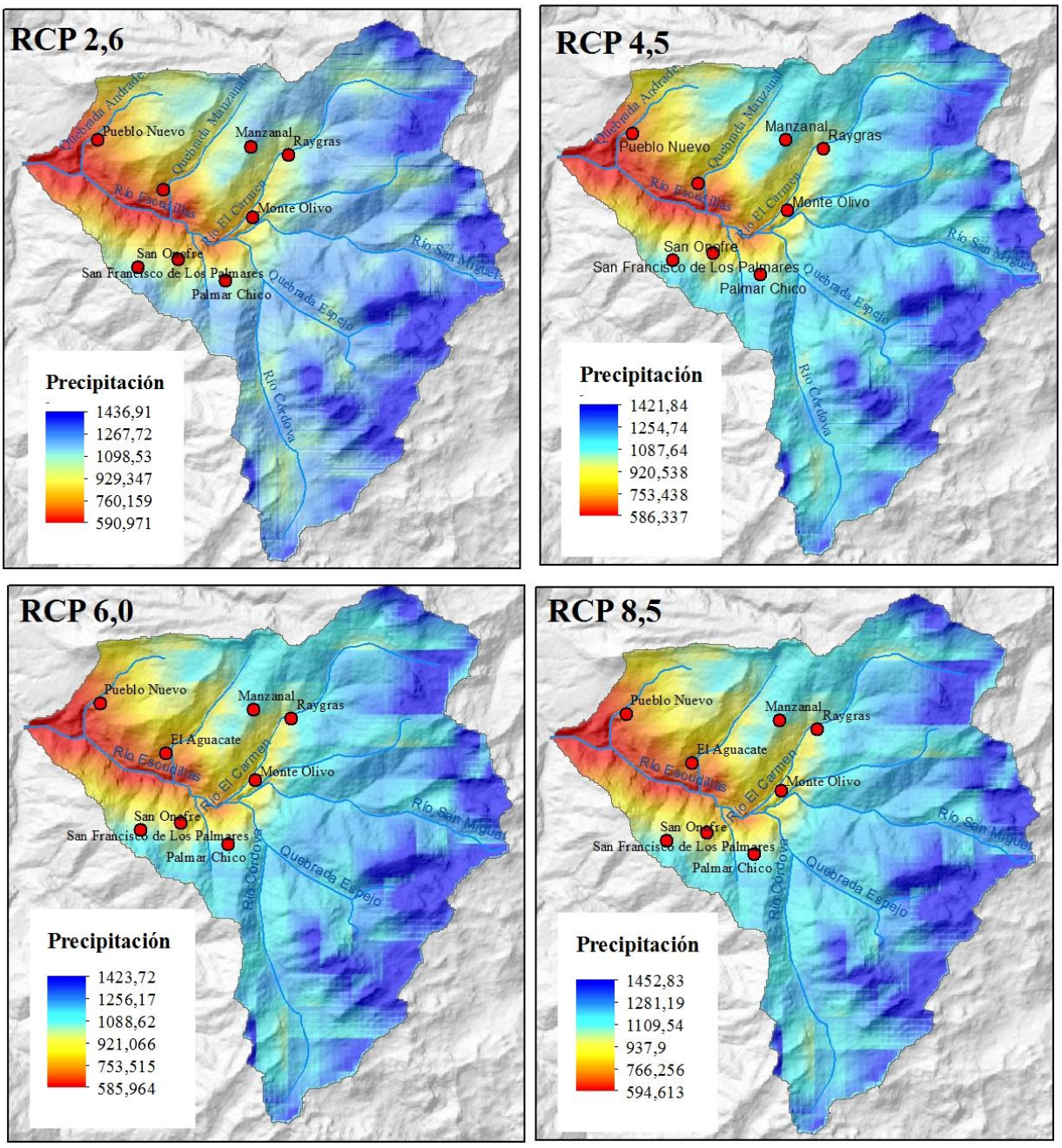



***Figura 22.*** Escenarios futuros para el año 2050

Armenta, Villa y Jácome (2016), mencionan que, a nivel de Ecuador, las proyecciones del cambio de precipitación según los escenarios RCP para el periodo de 2011-2100, no presentaría cambios significativos, pero para algunas regiones como es la Sierra y Costa Norte presentara incrementos en la distribución de la frecuencia en los periodos 2011-2040, 2041-2070 y 2071-2100, de un 10% hasta finales del siglo, con respecto al comportamiento actual.

# CONCLUSIONES

- Al analizar la precipitación en el periodo 1966 al 2016, muestra que las frecuencias de precipitación suma anual no representan un gran cambio, debido a que se mantienen entre sus valores máximos y mínimos, por otro lado, la intensidad se encuentran en la clasificación de ligeras, debido que no sobrepasan los valores de 0,1 y 2,0 mm de acumulación en una hora.

- Las personas mencionaron que en los últimos 20 años la lluvia se ha distribuido a lo largo del año, por lo contrario en los datos meteorológicos observados de INAMHI, se muestra cambios en la cantidad de precipitación, pero no de en lo que respecta a la distribución, ya que se mantienen las fluctuaciones de los meses lluviosos y secos, sin embargo se debe tomar en cuenta que estos cambios afectan a las actividades productivas, ya que la mayor actividad económica en la microcuenca es la agricultura, sector que es muy sensible a los cambios climáticos.

- Al analizar los escenarios de precipitación, se muestra que, en 50 años, en las cuatro vías de concentración, la precipitación no presentará una gran alteración en las cantidades de lluvia ni de la distribución, sin embargo, se debe tomar en cuenta que estos escenarios pueden cambiar, que las precipitaciones en la región interandina dependen de varios factores, que pueden alterar la precipitación, poniendo en riesgo a las actividades agrícolas y de producción a futuro.

# RECOMENDACIONES

- Para conservar y regular la frecuencia e intensidad de precipitación en la microcuenca, se recomienda conservar las áreas de recarga hídrica. Esto se logrará con la conservación de páramo y bosque presente en la demarcación hidrográfica.

- Para aumentar la eficiencia y la disponibilidad del recurso hídrico, se recomienda aplicar técnicas de riego adecuado para conservar el suelo y su productividad mediante la reducción de arrastre de sedimentos y nutrientes.

- La distribución de la lluvia puede ser conservada, si los ecosistemas presentes se mantienen para regulación hídrica. La presencia de bosque y otros ecosistemas que contribuyen a la precipitación, captura de precipitación horizontal puede mantener los caudales actuales e incluso incrementarlos, esto repercutirá en áreas de producción de mejor calidad.

# REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguila, A. (2010). *Calidad del agua. Un enfoque multidisciplinario.* México.

Alemán, J., y Alomar, M. (2011). *Convección atmosférica.* España.

Álvarez, J. (2010). *Descomposición y ciclo de nutrientes, en ecosistemas terrestres de México*. México

Añazco, M. (2013). *Estudio de vulnerabilidad del bambú (Guadua angustifolia) al cambio climático en la costa del Ecuador y norte Perú*. Ecuador

Armenta, G., Villa J., y Jácome, P. (2016). *Proyecciones climáticas de precipitación y temperatura para ecuador, bajo distintos escenarios de cambio climático*. Ecuador

Arroyo, J. (2014). Caracterización espacial de la frecuencia e intensidad de tormentas desde el satélite GOES-12 y la Estación Meteorológica del Observatorio de Huancayo. Universidad Continental.

Asamblea Constituyente. (2008). Constitución de la República del Ecuador. Ecuador.

Avalos, H., González, I., Pineda, R. y Ríos, E. (2015). *Cuencas hidrográficas. Fundamentos y perspectivas para su manejo y gestión*. México.

Avellaneda. (2008). Repositorio digital ESPE. Obtenido de http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/816/2/T-ESPE-019561-2.pdf

Bavera, G. y Béguet, A. (2003). *Clima y Ambiente; Elementos y factores*. Argentina

Buendía, M. (2007). *El impacto social del Cambio Climático*. España

Castro, A. (2017). *El cambio climático y sus consecuencias sociales: el incremento de la vulnerabilidad y la pobreza*. Argentina

Cedeño, J. y Donoso, M. (2010). *Atlas pluviométrico del Ecuador*. UNESCO. Documentos Técnicos del PHI-LAC, N°21.

CENEAM. (2010). *Cambio Climático: El planeta se calienta*. España

Censo Nacional Agropecuario. (2000). Resultados Nacionales y provinciales. Ecuador.

CISPDR. (2015). *Plan Hidráulico regional de demarcación hidrográfica Mira*. Ecuador: SENAGUA.

Comisión Económica para América Latina y el Caribe. CEPAL. (2012), *la economía del cambio climático en el Ecuador 2012*. Ecuador

Comisión Europea. (2006). *El cambio climático: ¿qué es?* Luxemburgo

Comisión Europea. (2011). *La agricultura y el cambio climático.* Europa

Cuadros, N. (2011). *Análisis de la variabilidad de la temperatura del aire en regiones de Colombia bajo la influencia de la oscilación Madden - Julian durante los años 1978 – 2008* (Tesis de Maestría). Universidad Nacional de Colombia, Colombia.

Cuevas, L. (2016). *Análisis del comportamiento de la CE, SST y los Cloruros en los pozos Rojas I y Rojas II* (Trabajo de diploma). Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. Cuba

Del Salto, M., Gálvez, H. y Regalado, J. (2013). *Análisis del comportamiento climático de los últimos 30 años, en las costas de Esmeraldas, Manta y Puerto Bolívar durante la época húmeda.* Ecuador

El Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente. MAPAMA. (2015). *Cambio climático: Mitigación*. España

Enríquez, O., Guzmán, A., y Narváez, G. (2014). *Análisis del comportamiento de la precipitación en el municipio de Buenaventura (Valle del Cauca, Colombia) en condiciones de desarrollo de los fenómenos El Niño y La Niña*. Colombia

Estudios e Investigaciones Meteorológicas. (2016). *Análisis del impacto de los principales elementos del clima en el sector agropecuario ecuatoriano*. INAMHI. Ecuador.

FAO. (2006). *Evapotranspiración del cultivo Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos.* Italia

FAO. (2013). *Captación y almacenamiento de agua de lluvia opciones técnicas para la agricultura familiar en américa latina y el caribe*. Chile

FAO. (2013). *La fauna silvestre en un clima Cambiante*. Estudio FAO: Montes.

Fernández, P. (2002). *Estudio del impacto del cambio Climático sobre los recursos hídricos. Aplicación en diecinueve pequeñas cuencas en Es*paña (Tesis Doctoral). Universidad Politécnica de Madrid, España.

Fisure. (2009). *Meteorología y oceanografía*. Gobierno de Vasco. Vasco.

Fundación Española para la ciencia y la tecnología. FECYT. (2004) *Meteorología y climatología.* España

Galarraga, R. (s.f). *Estado y gestión de los recursos hídricos en el Ecuador*, EPN. Ecuador.

GreenFacts. (2007). *Cambio Climático: Resumen del Informa de Evaluación 2007 del IPCC.*

Greenpeace. (2009). *Cambio climático: futuro negro para los páramos*. Colombia

Hijmans, RJ, SE Cameron, JL Parra, PG Jones y A. Jarvis, 2005. *Superficies climáticas interpoladas de muy alta resolución para áreas terrestres globales.* Revista Internacional de Climatología 25: 1965-1978**.**

Iglesias, L., Ruperti, J., Valencia, L., y Moreira, M. (2017). *El cambio de la matriz energética en el ecuador y su incidencia en el desarrollo social y económico de la población.* Ecuador

Instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales. IDEAM. (2007). Información técnica sobre gases de efecto invernadero y el cambio climático. Colombia.

Instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales. **I**DEAM. (2010). *Generación de escenarios de cambio climático regionales y locales a partir de modelos globales - guía para tomadores de decisiones*. Colombia

Instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales. IDEAM. (2018). *Variabilidad Climática y Cambio Climático en Colombia.* Colombia

Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. IICA. (2012). *Impacto del cambio climático en la agricultura*. Costa Rica.

Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. INAMHI. (2016). *Analisis del impacto de los principales elementos del clima en el sector agropecuario Ecuatoriano. Ecuador.*

Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. INAMHI. (2017). *Datos meteorológicos análogos*. Ecuador

Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC, (2002). *Cambio Climatico y biodiversidad*. Kenia

Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC. (1995). *Segunda evaluación de cambio climático 1995.* PNUMA, OMM WMO.

Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC. (2007). Cambio climático 2007: *Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático*. Suecia.

Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC. (2013). *Resumen para responsables de políticas. En: Cambio Climático 2013: Bases físicas. Contribución del Grupo de trabajo I al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático.*

Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC. (2014). *Cambio Climático 2014: Impactos, adaptación y vulnerabilidad- Resumen para responsables de políticas.* Suiza.

Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC. (2015). Cambio Climatico 2015: *Mitigación del cambio climático- Resumen para responsables de políticas*. Suiza.

Juncosa, R. (2005). *Hidrología i: ciclo hidrológico*. España

Lizana, M. (2010). *Impacto del cambio climático en la biodiversidad mundial y española. En "Europa y el cambio Climático"*. España

Ludeña, C., y Wilk, D. (2013). *Ecuador: Mitigación y Adaptación al Cambio Climático; Marco de la preparación de la Estrategia 2012-2017 del BID en Ecuador*. Ecuador

Magrin, G. (2015). *Adaptación al cambio climático en América Latina y el Caribe*. Chile

Mehta, A., Prados, A., y Podest, E. (2017). Resumen General de la Evapotranspiración. NASA. Estados Unidos

Méndez, M. (2009). Percepciones del Cambio Climático en una Sociedad Nativa de la Amazonía Boliviana. Barcelona.

Ministerio del ambiente Ecuador. MAE. (2012). Estratergia nacional de Cambio Climatico del Ecuador. 2012-2025. Ecuador

Ministerio del ambiente Ecuador. MAE. (2014). *Programa Conservación de Bosques y REDD+*. Ecuador

Ministerio del ambiente Ecuador. MAE. (2017). *Tercera Comunicación Nacional del Ecuador a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. Ecuador

Miranda, J. (2007). *Cambio climático y patrones de precipitación: efecto sobre las comunidades vegetales semiáridas* (Tesis Doctoral). España

Monjo, R. (2010). *El índice n de la precipitación intensa.* España

Montealegre y Pabón. (2000). La variabilidad Climática interanual asociada al ciclo el niño-la niña- oscilación del sur y su efecto en el patrón pluviométrico de Colombia. *Meteorología colombiana*, 2, 7-21. Colombia.

Montealegre, J. (2009). *Estudio de la variabilidad climática de la precipitación en Colombia asociada a procesos oceánicos y atmosféricos de meso y gran escala*. Colombia

Moreno, A., y Urbina, J. (2008). *Impactos sociales del cambio climático en México*. México

Moreno, J. (2006). *Evaluación preliminar de los impactos en España por efecto del cambio climático*. España.

Murillo, M. (2010). *El escurrimiento superficial métodos para su estimación en conservación de suelos.* Bolivia

Nelson, G. C., M.W. Rosegrant, M., Koo, J., Robertson, R., Sulser, T., Zhu, T., Ringler, C., Msangi, S., Palazzo, A., Batka, M., Magalhaes, M., Valmonte-Santos, R., Ewing, M., y Lee D. (2009). *Cambio Climático: El impacto en la agricultura y los costos de adaptación.* Washington.

Ordoñez, J. (2011). *Cartilla Técnica: Ciclo Hidrológico*. Perú

Padilla, F., Miranda, J., Armas, C., y Pugnaire, F. (2015). *Effects of changes in rainfall amount and pattern on root dynamics in an arid shrubland*. España

Pinilla, M. Sánchez, J. Rueda, A. y Pinzón, C. (2012). *Variabilidad climática y cambio climático: percepciones y procesos de adaptación espontánea entre campesinos del centro de Santander, Colombia.* Colombia.

Puma, M., y Gold, S. (2011). *Formulando Escenarios de Cambio Climático para Contribuir con Estrategias de Desarrollo Adaptadas al Clima. Una Guía para Practicantes*. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. Estados Unidos.

Pyszczek y Pérez. (2013). *Las precipitaciones y los periodos húmedos en la provincia del Chaco entre los años 1961 y 2005*. Argentina.

Rodríguez, M, y Mance, H. (2009). *Cambio climático: lo que está en juego*. Colombia

Román, M. (2006). *Plan de prevención para emergencias por desastres naturales en la provincia de Pichincha, su organización y aplicación en la educación básica en la próxima década* (Tesis de maestría). Instituto de altos estudios nacionales, Ecuador.

San Gil, J., Rivera, J. y González, J. (2004). *Tiempo atmosférico, clima y psicopatología*. España

Sánchez, L., y Reyes, O. (2015). *Medidas de adaptación y mitigación frente al cambio climático en América Latina y el Caribe. Una revisión general*. Chile

Semarnat. (2009). *Cambio climático. Ciencia, evidencia y acciones*. México.

SEMPLADES. (2017). Plan Nacional del desarrollo 2017—2021. Ecuador.

Tobón, C. (2009). *Los bosques andinos y el agua*. Colombia

Uribe, E. (2015). *El cambio climático y sus efectos en la biodiversidad en América Latina*. CEPAL.

Useros, J. (2012). *El cambio climático: sus causas y efectos medioambientales*. España

Valencia, J, y Tobón, C. (2017). *Influencia de la vegetación en el funcionamiento hidrológico de cuencas de humedales de alta montaña tropical*. España

Valladares, F. Pañuelas, J. y Calabuig, E. (2005). *Impactos sobre los ecosistemas terrestres*. España.

Vargas, L. (1994). *Sobre el concepto de percepción.* México.

Vera, C., y Camilloni, I. (2002)**.** *Explora las ciencias en el mundo contemporáneo***.** Argentina

Villacis, E., y Marrero, N. (2017). *Precipitaciones extremas en la ciudad de Quito, provincia de Pichincha- Ecuador.* Ecuador

# ANEXOS

**Anexos 1.** Encuesta

21

UNIVERIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES
INGENIERIA FORESTAL

"COMPORTAMIENTO DE LA PRECIPITACION FRENTE AL CAMBIO CLIMATICO EN LA MICROCUENCA DEL RIO ESCUDILLAS"

**OBJETIVO:**

- Identificar las percepciones de los pobladores locales respecto a los patrones dominantes de precipitación en los últimos 50 años.

**Fecha:** _____ **Encuestador:** Edison Guerra

**Datos personales**

| DATOS GENERALES | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Edad:** | 98 | **Sexo** | M | (F) |
| **Parroquia:** | | **Localidad:** | Monte olivo | |
| **¿Cuánto tiempo vive en el lugar?** | | 98 | | |

| ACTIVIDAD ECONÓMICA | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Jornalero** | **Agricultura** | **Construcción** | **Comercio** | **Transporte** | **Artesanías** | **Servidor Publico** | **Otros** |
| | | | | | | | [illegible] |

**Información sobre el clima**

1. **¿Qué entiende usted por Clima?**

Normal, cascado

2. **¿Cuáles considera usted que son los meses secos y de lluvia?**

| Mes | Precipitación hace 50 años (aprox 1967) | | Precipitación hace 25 años (aprox 1992) | | Precipitación (Ahora) | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Secos | Lluvia | Secos | Lluvia | Secos | Lluvia |
| Enero | X | | X | | X | |
| Febrero | X | | X | | X | |
| Marzo | X | | X | | X | |
| Abril | X | | X | | X | |
| Mayo | X | | X | | X | |
| Junio | | X | | X | X | X |
| Julio | | X | | X | | X |
| Agosto | | X | | X | | X |
| Septiembre | X | | X | | X | |
| Octubre | X | | X | | X | |
| Noviembre | X | | X | | X | |
| Diciembre | X | | X | | X | |

UNIVERIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES
INGENIERIA FORESTAL

"COMPORTAMIENTO DE LA PRECIPITACION FRENTE AL CAMBIO CLIMATICO EN LA MICROCUENCA DEL RIO ESCUDILLAS"

**3. ¿Considera que el clima ha cambiado o variado?**

a) Totalmente de acuerdo
b) De acuerdo
c) Ni acuerdo, ni desacuerdo
d) Desacuerdo
e) Totalmente en desacuerdo

**4. ¿Cuáles cree que son las causas para que el clima haya cambiado?**

a) Es un fenómeno natural
b) Por el uso masivo de combustibles fósiles
c) Al transporte (automotriz, aéreo, ferrocarril, marítimo)
d) A la destrucción de la capa de ozono
e) A la contaminación y los desechos
f) A la tala de bosques y desertificación
g) A los procesos industriales y agropecuarios
Otro.....

**5. ¿Qué meses considera usted que han variado?. Utilizar tres escalas de tiempo**

+ = aumentado
- = disminuido

| Mes | Hace 50 años (aprox 1967) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Precipitación | | Temperatura | | Viento | |
| | + | - | + | - | + | - |
| Enero | x | | | | | |
| Febrero | x | | | | | |
| Marzo | | | | | | |
| Abril | | | | | | |
| Mayo | | | | | | |
| Junio | | | | | | |
| Julio | | | | | | |
| Agosto | x | | | | | |
| Septiembre | x | | | | | |
| Octubre | | | | | | |
| Noviembre | | | | | | |
| Diciembre | | | | | | |

| Mes | Hace 25 años (aprox 1992) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Precipitación | | Temperatura | | Viento | |
| | + | - | + | - | + | - |
| Enero | | | | | | |
| Febrero | | | | | | |
| Marzo | | | | | | |
| Abril | | | | | | |
| Mayo | | | | | | |
| Junio | | | | | | |
| Julio | | | | | | |
| Agosto | | | | | | |
| Septiembre | | | | | | |
| Octubre | x | | | | | |
| Noviembre | x | | | | | |
| Diciembre | | | | | | |

lo. a sido Igual hasta la que recuerdo

UNIVERIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES
INGENIERIA FORESTAL

"COMPORTAMIENTO DE LA PRECIPITACION FRENTE AL CAMBIO CLIMATICO EN LA MICROCUENCA DEL RIO ESCUDILLAS"

| Mes | Actual | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Precipitación | | Temperatura | | Viento | |
| | + | - | + | - | + | - |
| Enero | | X | X | | | |
| Febrero | | X | X | | | |
| Marzo | | X | X | | | |
| Abril | | X | X | | | |
| Mayo | | X | X | | | |
| Junio | | X | X | | | |
| Julio | | X | X | | | |
| Agosto | | X | X | | | |
| Septiembre | | X | X | | | |
| Octubre | | X | X | | | |
| Noviembre | | X | X | | | |
| Diciembre | | X | X | | | |

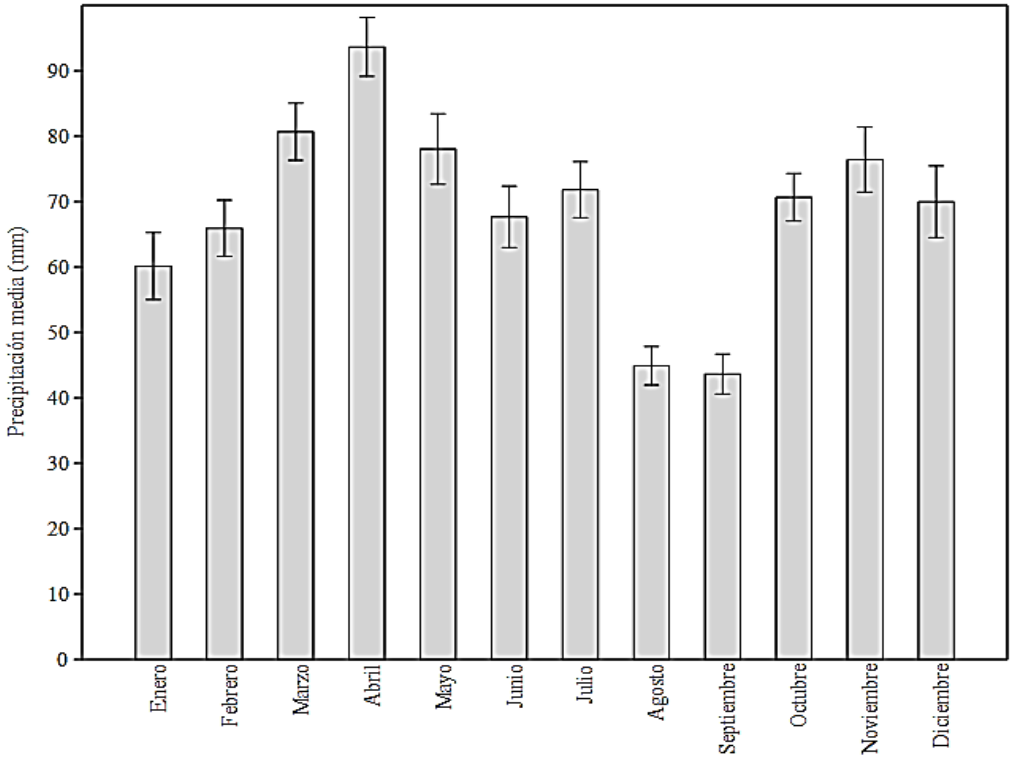
6. **Los impactos que el clima (su variación) ha tenido en:**

| | X | Impacto |
|---|---|---|
| Agricultura | X | Heladas |
| Ganadería | X | Lodo |
| Agua | X | Aumento costo. |
| Suelo | | |
| Fauna | | |
| Vivienda | | |
| Economía | | |
| Salud | X | Extreme x los olores |

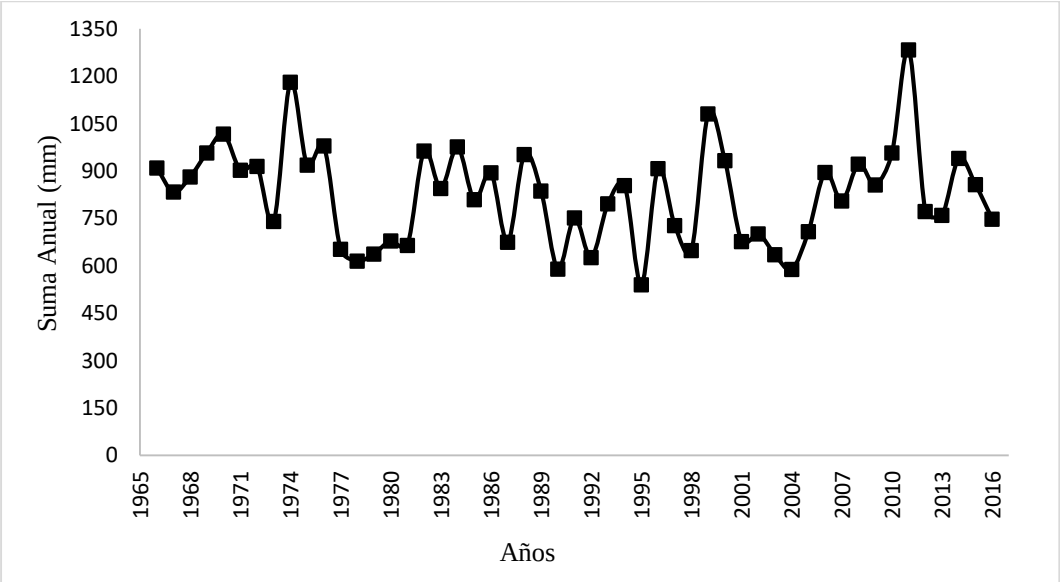
Firma:

GRACIAS POR SU COLABORACIÓN

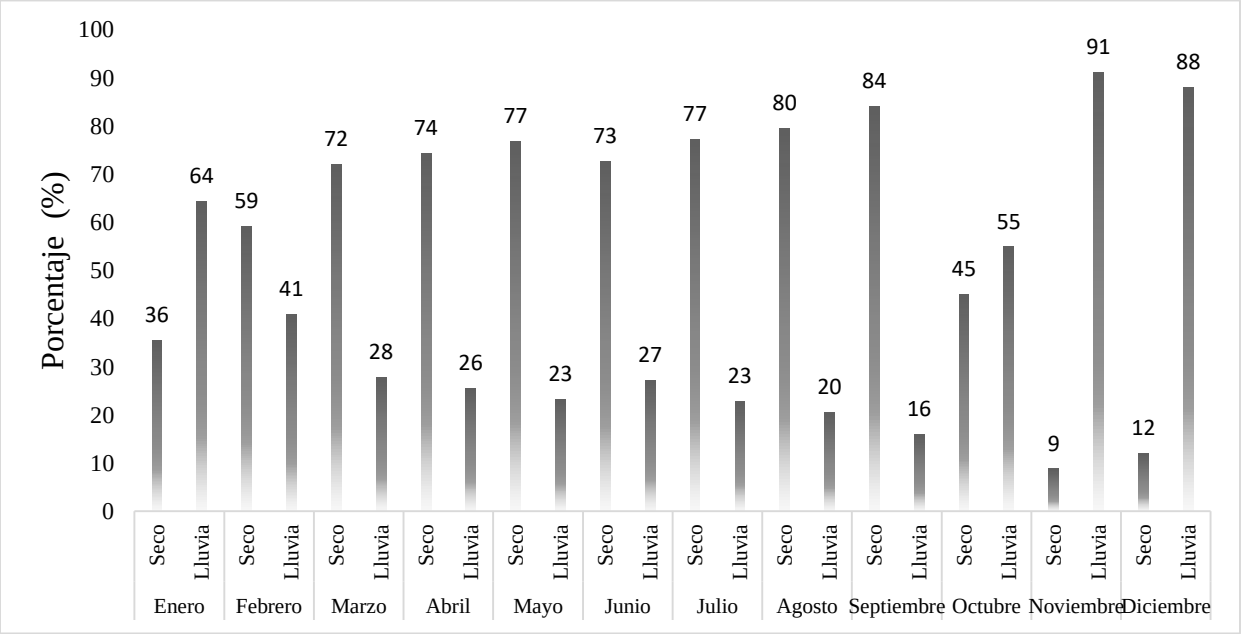
**Anexo 2.** Precipitación media mensual (1966-2016)



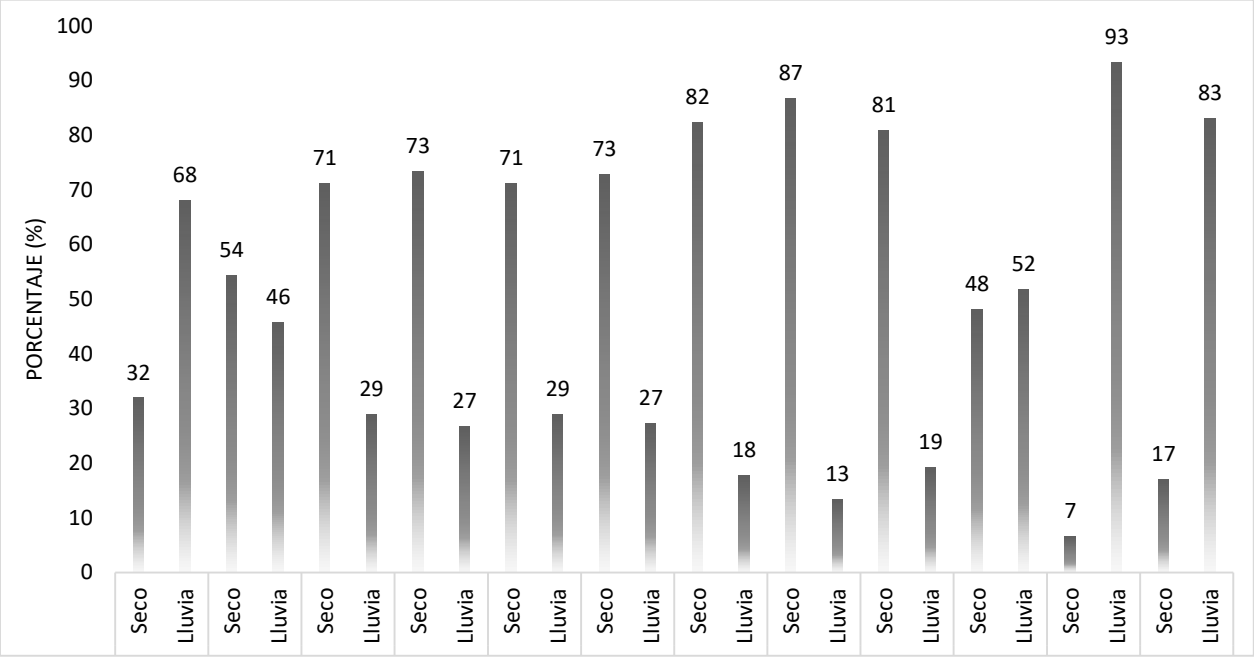

**Anexo 3.** *Precipitación anual 1966-2016*



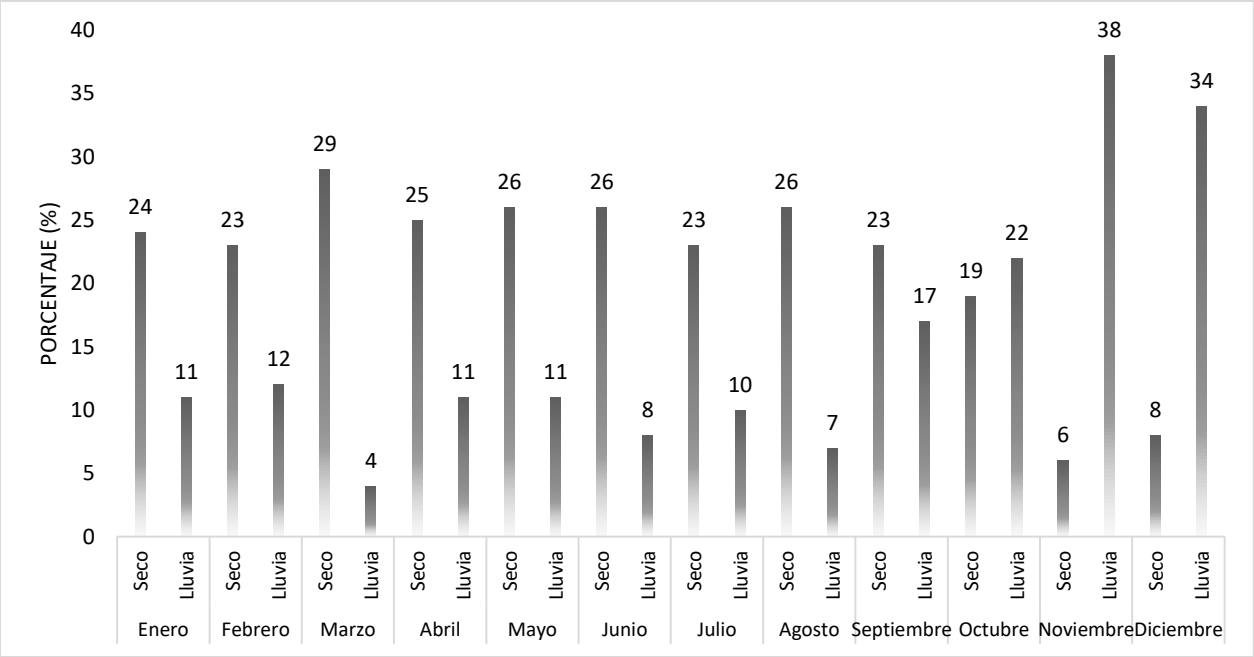
**Anexo 4.** Precipitación hace 50 años



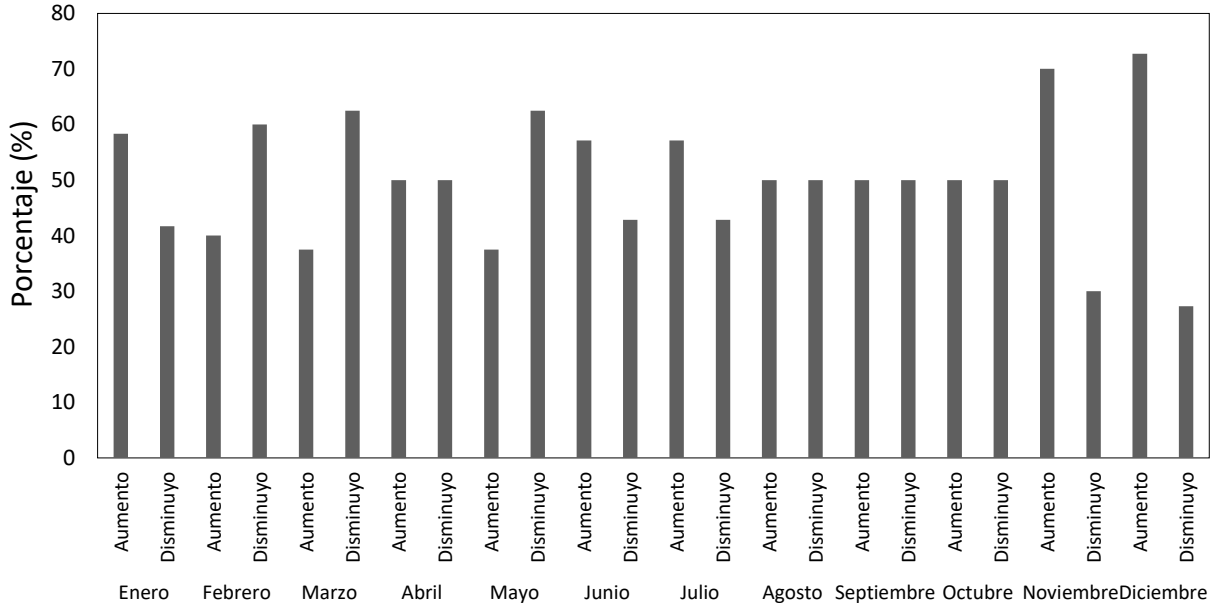

**Anexo 5.** Precipitación hace 25 años



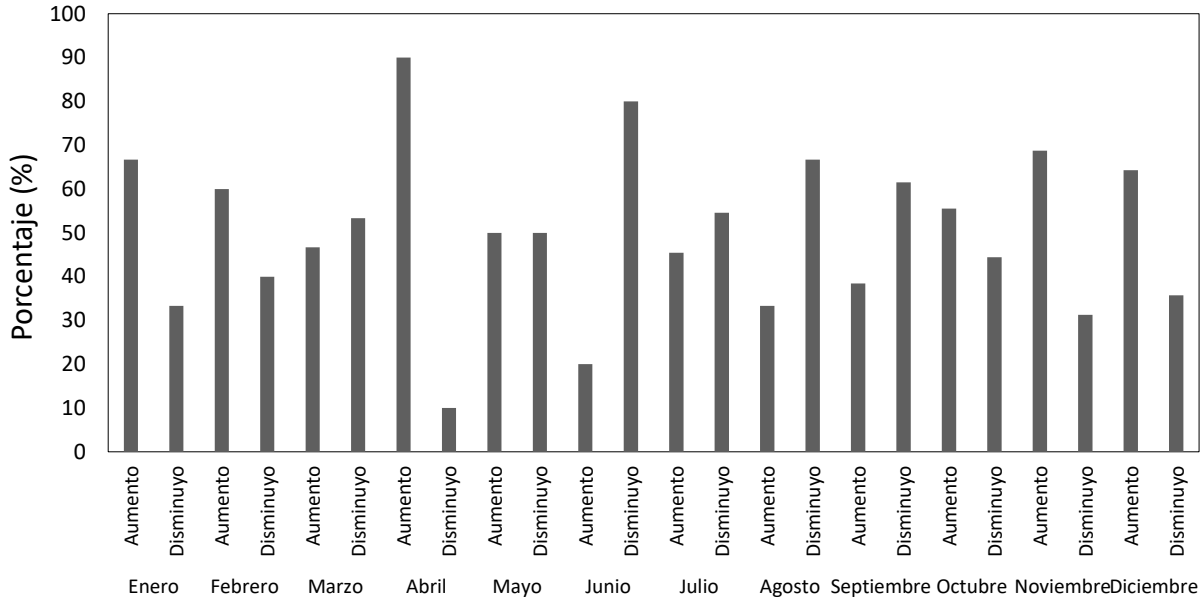
**Anexo 6.** Precipitación Actual



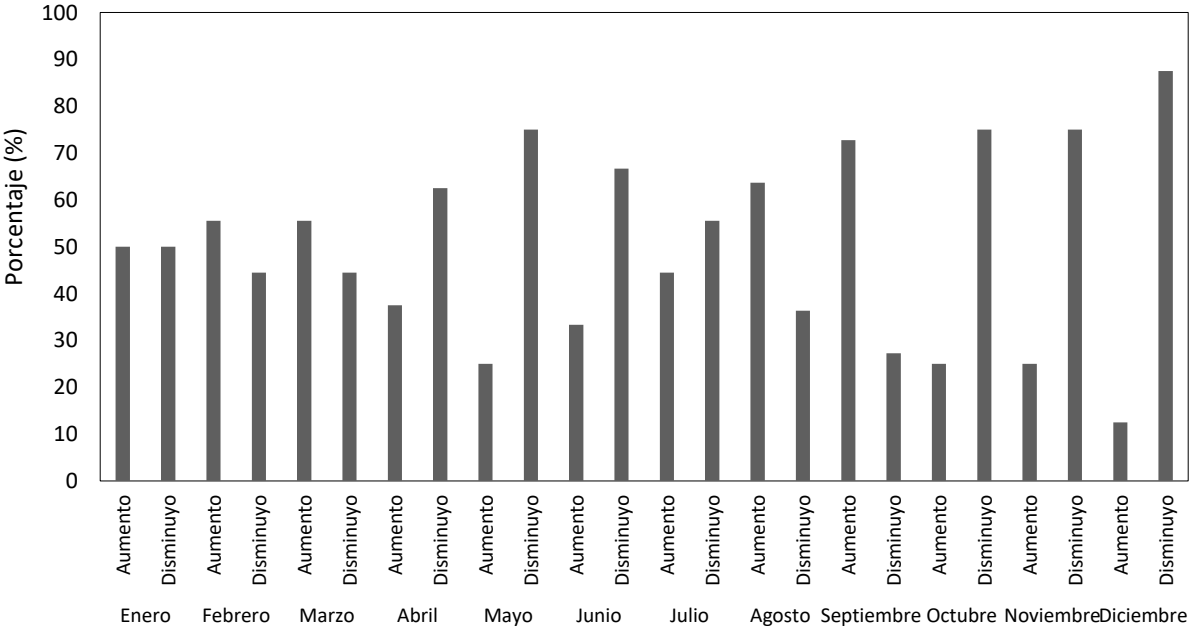

**Anexo 7.** Aumento o disminución de Precipitación hace 50 años



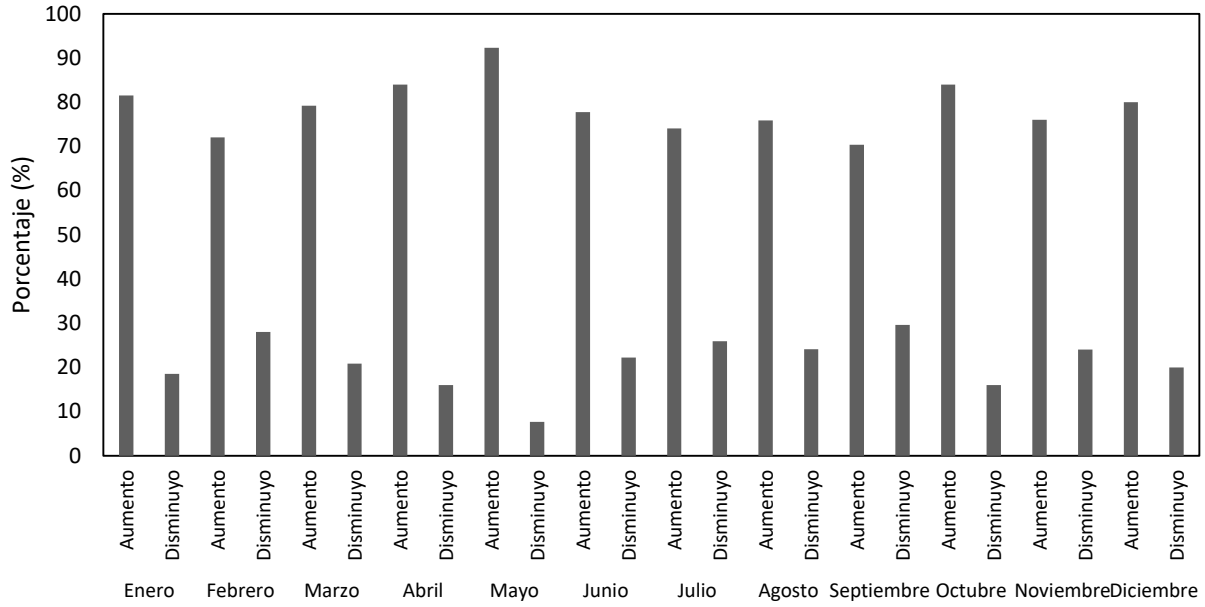
**Anexo 8.** Aumento o disminución de Precipitación hace 25 años



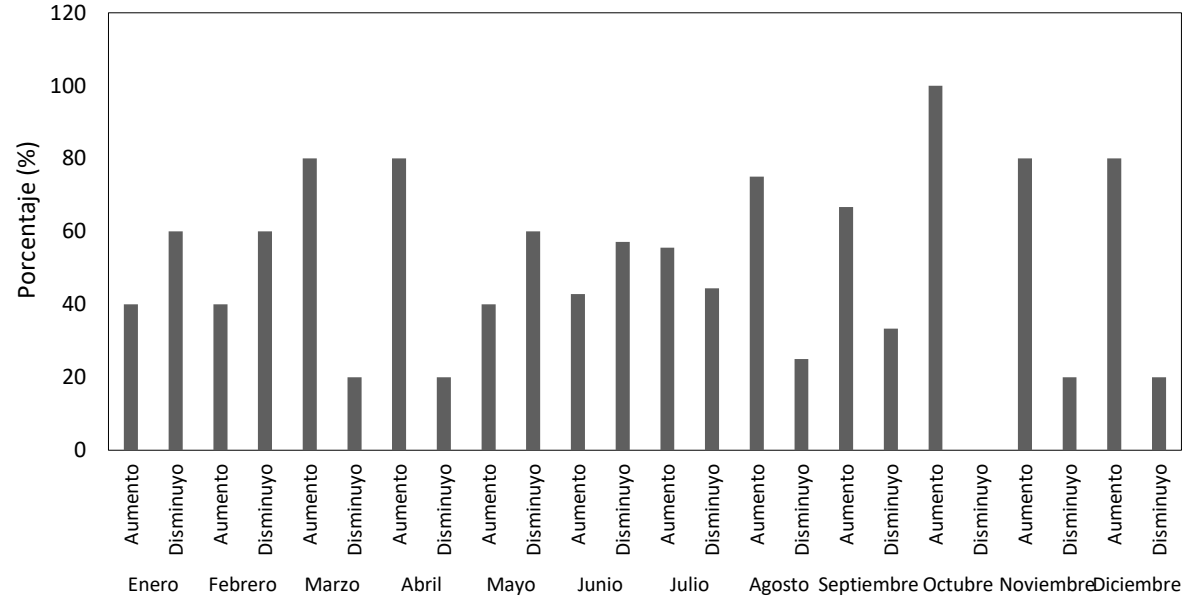

**Anexo 9.** Aumento o disminución de temperatura hace 50 años



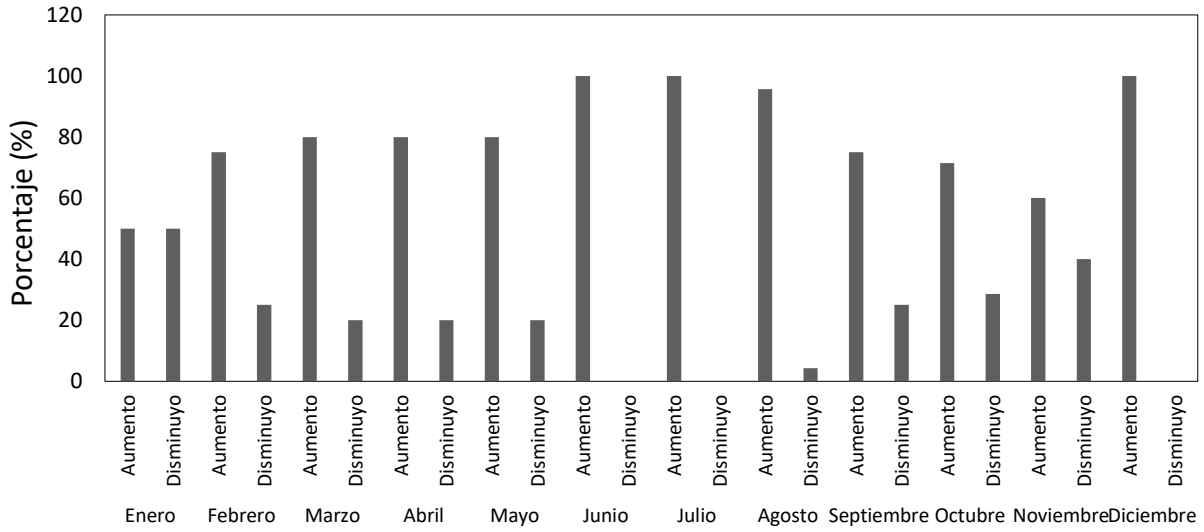
**Anexo 10.** Aumento o disminución de temperatura hace 25 años



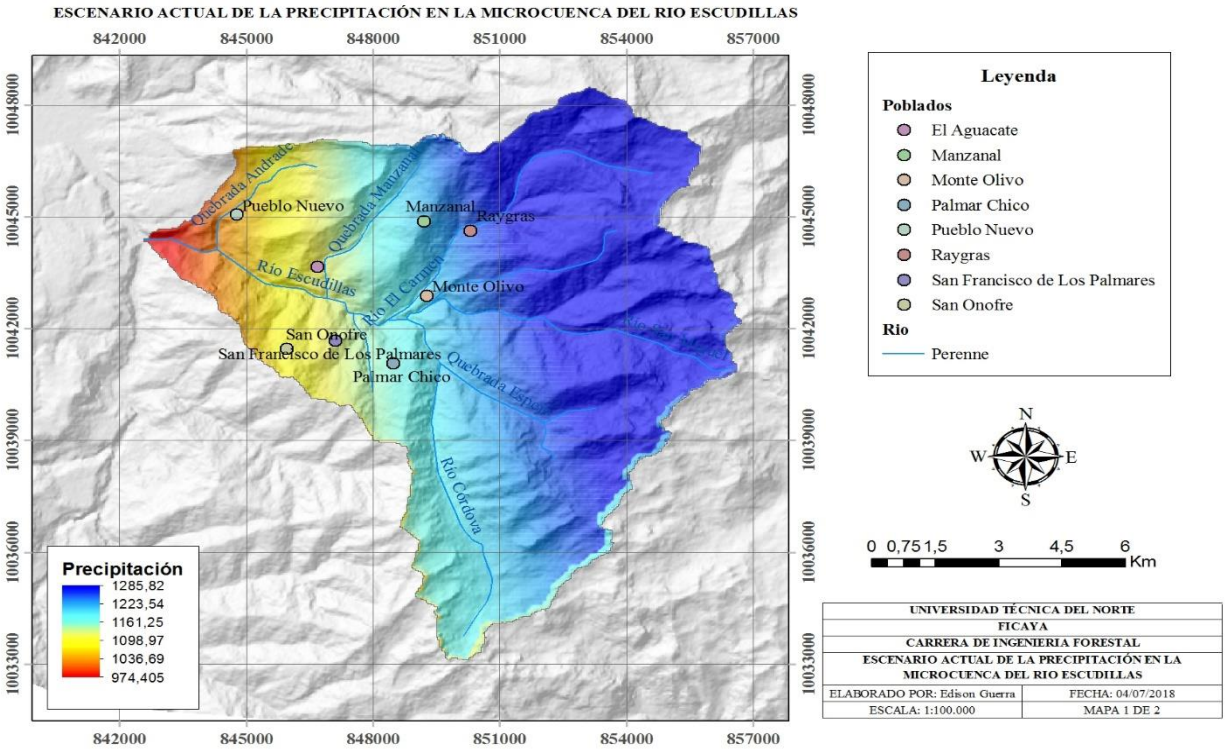

**Anexo 11.** Aumento o disminución de Viento hace 50 años



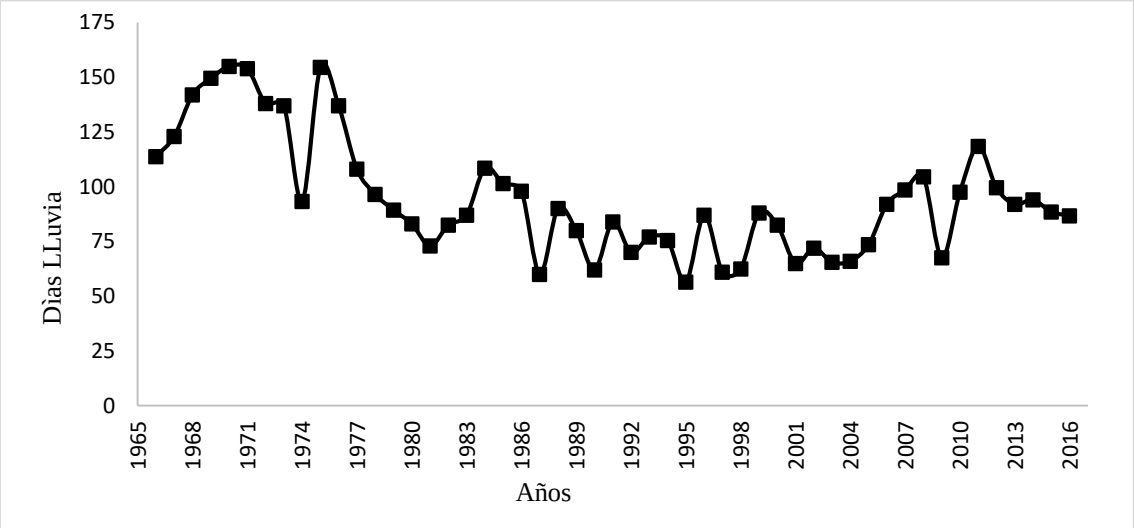
**Anexo 12.** Aumento o disminución de Viento hace 25 años




**Anexo 13.** Mapa de precipitación de condiciones actuales (INAMHI)



**Anexo 14.** Días de precipitación anuales 1966-2016




**Anexo 15.** Registro fotográfico de la fase de campo

**Fotografía 1.** Área de estudio

**Fotografía 2.** Sitio de encuesta “Pueblo Nuevo”

**Fotografía 3.** Sitio de encuesta “Centro de Pueblo Nuevo”

**Fotografía 4.** Afluente que desemboca a la Microcuenca del río Escudillas

**Fotografía 5.** Actividades antropogenicas

**Anexo 16.** Glosario

**ArcGis 10.3:** Software en el campo de los sistemas de información geográfica.

**Cambio climático:** Cambio en la distribución de los patrones meteorológicos en un lapso de tiempo provocado principalmente por actividades antropogenicas.

**CLASlite:** Sistema de Análisis Landsat de Carnegie – Lite**.**

**Clima:** Conjunto de condiciones atmosféricas en un lapso mínimo de 30 años.

**Frecuencia:** Número de veces que sucede un fenómeno en un lugar determinado o durante un periodo de tiempo**.**

**Intensidad:** Cantidad registrada en una hora.

**Multitemporal:** Múltiples evaluaciones de un fenómeno po varios por un lapso de tiempo.

**Past 3.2:** Paleontológica a la estadística software.

**Percepción**: Conocimiento de una tema por medio de las impresiones que comunican los sentidos.

**Tiempo atmosférico:** Estado de la atmosfera durante un determinado momento y lugar.

**Variabilidad climática:** Cambio en la distribución de los patrones meteorológicos en un lapso de tiempo provocado por procesos geológicos y naturales.

**WorldClim**: Sitio que reúne conjuntos de datos climáticos a nivel mundial.