

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL.

Facultad de Ingeniería Marítima, Ciencias Biológicas Oceánicas y Recursos
Naturales.

“Estudio de vulnerabilidad a nivel de ecosistema de Páramo frente al Cambio
Climático en la zona de Pichán Comunidad Igualata Parroquia San Isidro, Cantón
Guano Provincia de Chimborazo”

Trabajo de titulación Previo a la obtención del Título de Magister En Cambio
Climático

Presentado por: Carlos Rolando Rosero Erazo

Guayaquil – Ecuador, 2016

Agradecimiento y Dedicatoria

El presente trabajo de tesis me gustaría agradecerle a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL por darme la oportunidad de estudiar y ser un profesional en esta área muy interesante dentro de la rama de las ciencias naturales.

Me gustaría agradecer a mis profesores durante toda la carrera profesional porque han aportado con un granito de arena a mi formación en especial a mi tutora de proyecto Dra. Lelys Bravo y evaluadora Dra. Mercy Borbor.

Son muchas las personas que han formado parte de mi vida profesional a las que me encantaría agradecerles su amistad, consejos, apoyo, ánimo y compañía en los momentos más difíciles de mi vida. A mi madre sobre todo agradecerle por su apoyo y confianza a lo largo de mi carrera académica, algunas personas están aquí conmigo y otras en mis recuerdos y en mi corazón, sin importar en donde estén quiero darles las gracias por formar parte de mí, por todo lo que me han brindado y por todas sus bendiciones.

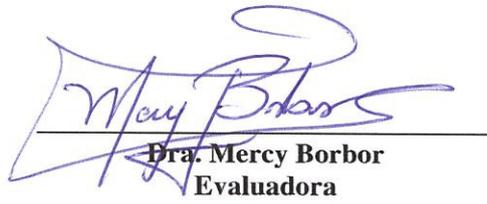
Tribunal de Graduación



Msc. Franklin Ormaza
Presidente



Bra. Lelys Bravo
Directora



Dra. Mercy Borbor
Evaluadora

DECLARACIÓN EXPRESA

La responsabilidad del contenido de este proyecto de graduación nos corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica del Litoral.



Carlos Rosero Erazo

Resumen

El presente estudio tiene como propósito establecer un índice y un nivel de vulnerabilidad relacionado con el ecosistema de páramo ante los efectos del Cambio Climático a través de la identificación de las diferentes amenazas que podrían ocasionar un impacto en este sistema. Si bien es cierto que el Páramo tiene como papel fundamental generar y retener agua la cual se utiliza para proveer servicios ecosistémicos importantes a las comunidades aledañas, también puede jugar un papel determinante a la hora de captar y retener el carbono.

Para lograr un análisis fiable y conciso se delimitó la zona de estudio mediante tres enfoques geográficos: ecosistema, datos recolectados de carbono y características limítrofes, los datos tanto de temperatura y precipitación actual son generados en base a modelos climáticos implementados por el Ministerio del Ambiente a través de las estaciones meteorológicas validadas a nivel nacional a cargo del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, además se logra en el presente estudio analizar la variable precipitación a través de la estación meteorológica M390 (Urbina). Otra de las variables que se considera en el presente estudio es el probable clima futuro donde se utilizan datos proporcionados por el Modelo Climático Japonés TL959 utilizado por el Ministerio del Ambiente y el Instituto Nacional de Meteorológica e Hidrología el cual esta validado mediante datos establecidos por el CRU (Climate Research Unit), INAMHI (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología) y el propio modelo. Los datos proporcionados por el modelo brindan una perspectiva de la precipitación y temperatura para un futuro cercano en un periodo del 2015 al 2039 en relación con el clima presente generado en el modelo, conformado en un periodo de 1979 al 2000 para precipitación y 1979 al 2002 para temperatura. Los datos son generados en un escenario climático A1B mencionado por el IPCC 2000. Identificar variables importantes como el retroceso que ha sufrido este ecosistema a lo largo de la historia tiene gran relevancia al momento de identificar la vulnerabilidad, ya que este se perturba debido a las actividades humanas desarrolladas en el entorno del ecosistema, lo que genera presiones. En el presente estudio se observa cuánto y cómo se ha degradado el ecosistema de páramo entre los años 1990, 2000 y 2008. La degradación entre los años 1990 al 2000 son más extensos debido al impulso de la agricultura y técnicas de reforestación inadecuadas en el Ecuador, mientras que en entre el año 2000 al 2008 se observa una reducción de este retroceso debido a proyectos de conservación implementados en todo el territorio Ecuatoriano, sobre todo en la zona en estudio. Otro parámetro que se analiza en el presente estudio es el determinado por el carbono orgánico total de páramo identificado en el pasto, raíz del pasto, almohadilla, almohadilla raíz y 2 muestras de suelo. En este caso se analiza solo los datos recolectados para un solo periodo y se utiliza un método determinístico IDW (Inverse Distance Weighting) para el análisis geográfico.

La vulnerabilidad en este estudio está enfocada en el análisis de 8 indicadores bajo la conceptualización de los 3 elementos de vulnerabilidad, es decir; Exposición, Sensibilidad y Capacidad de Adaptación. Es necesario tomar en cuenta que se

determina de igual manera el impacto potencial como parte de este proceso. Los indicadores están enfocados bajo el análisis de escalas de (1-3) para el análisis de los elementos de vulnerabilidad y de (0-100) para el índice de Vulnerabilidad Total. El estudio determinó una vulnerabilidad en el ecosistema equivalente a 62,5 lo que se considera como un nivel de vulnerabilidad alta.

Summary

The present study has as purpose to establish an index and a level of vulnerability associated with Páramo ecosystem to the effects of climate change through the identification of the different hazards that could cause an impact on this system. While it is true that the Páramo has a fundamental role to generate and retain water which is used to provide important ecosystem services to the surrounding communities, also it can play a crucial role when it comes to attracting and retaining carbon.

To achieve a reliable and concise analysis was delimited the study area by three geographical approaches: ecosystem, data collected of carbon and bordering features, data both temperature and current precipitation are generated based on climate models implemented by the Ministry of the Environment through meteorology Stations validated at the national level by the National Institute of Meteorology and Hydrology, also is achieved in the present study to analyze the variable precipitation through the meteorology station M390 (Urbina). Another variable considered in this study is the likely future climate where are used data provides by the Japanese Climate Model TL959 used by the Ministry of Environment and the National Meteorological and Hydrological Institute which is validated by means data established by the CRU (Climate Research Unit), INAMHI (National Institute of Meteorology and Hydrology) and the own model. The data provided by the model provide a perspective of the precipitation and temperature for the near future in a period of 2015 to 2039 in relation to the present climate generated in the model, made in a period of 1979 to 2000 for precipitation and 1979 to 2002 for temperature. The data are generate in an A1B climate scenario mentioned by the IPCC 2000. Identify important variables as the setback this ecosystem has suffered throughout history that has great importance when identifying the vulnerability, since this is disturbed due to the human activities developed in the ecosystem environment, generating pressures. In the present study it shows how much and how it has degraded the ecosystem of the Páramo between 1990, 2000 and 2008. The deterioration from 1990 to 2000 are more extensive due to the momentum of agriculture and reforestation techniques inadequate in Ecuador, while from 2000 to 2008 is observed a reduction in this backward due to conservation projects implemented throughout the Ecuadorian territory, especially in the area under study. Another parameter that is analyzed in this study is determined by the total organic carbon of wasteland identified in the grass, grass root, pad, pad root and 2 soil samples. In this case was analyzed the collected data only for a period and is used a deterministic method IDW (Inverse Distance Weighting) for geographic analysis.

The vulnerability in this study is focused on the analysis of 8 indicators under the conceptualization of the 3 elements of vulnerability, ie; Exposure, sensibility and adaptability. It is necessary to take into account that is determined in the same way the potential impact as part of this process. The indicators are focused under the analysis of scales (1-3) for the analysis of the elements of vulnerability and (0-100) for Total vulnerability index. The study found an equivalent of vulnerability in the ecosystem of 62.5 which is considered as high level of vulnerability.

Índice General

1. Introducción.....	14
1.1 Planteamiento del Problema.....	14
1.2 Justificación	15
2. Objetivos.....	16
2.1 General.....	16
2.2 Específicos	16
3. Marco Teórico Conceptual	16
3.1 Cambio Climático	16
3.2 El Ecosistema de Páramo.....	17
3.2.1 Páramo Ecuador	17
3.2.2 Diversidad y Clasificación de Páramos.....	18
3.2.3 Servicios Ecosistémicos de Páramo (mitigación)	18
3.2.4 Cambio Climático y Biodiversidad.....	18
3.3 Riesgo y Vulnerabilidad.....	19
3.4 Modelo TL959	20
3.5 Medidas de adaptación basada en ecosistemas.	21
4 Metodología.....	23
5. Resultados.....	27
5.1 Análisis climático-ambiental	27
5.1.1 Delimitación de la zona.....	27
5.1.2 Clima presente.....	28
5.1.2.1 Precipitación media mensual	29
5.1.2.2 Temperatura máxima mensual	37
5.1.2.3 Temperatura mínima mensual.....	42
5.1.2.4 Temperatura media mensual	47
5.1.3 Análisis exploratorio de los datos	53
5.1.3.1 Estaciones cercanas.....	53
5.1.3.2 Estimación de datos faltantes	55
5.1.3.3 Algoritmo de Simulación EM	56
5.1.3.4 Índice estandarizado de Sequía Pluviométrica.....	57
5.1.3.5 Temporalidad para la estación M390.....	58
5.1.4 Análisis de las proyecciones climáticas Futuras.	60

5.1.4.1	Precipitación	60
5.1.4.2	Temperatura	64
5.1.5	Carbono orgánico.....	69
5.1.6	Tasa anual de cambio (páramo)	75
5.2	Análisis metodológico para el estudio de vulnerabilidad	82
5.2.1	Proceso metodológico.....	83
5.2.2	Indicadores de vulnerabilidad.....	84
5.2.3	Índice de Vulnerabilidad.....	90
5.2.3.1	Exposición.....	90
5.2.3.2	Sensibilidad.....	92
5.2.3.3	Impacto potencial.....	93
5.2.3.4	Capacidad de Adaptación.....	94
5.2.3.5	Vulnerabilidad Total	96
5.3	Medidas de Adaptación Basada en Ecosistemas.	98
6.	Conclusiones.....	101
7.	Recomendaciones	102
8.	Bibliografía.....	103
9.	Anexos.....	105
	Anexo 1. Vulnerabilidad (Cálculo del elemento de Exposición a Deslizamientos, Inundación/Sequía, Incremento de los impulsores de riesgo a escala local y global)	105
	Anexo 2. Vulnerabilidad (Cálculo del elemento de sensibilidad ante Deslizamientos <i>Situación presente y futura</i>).....	106
	Anexo 3. Vulnerabilidad (Calculo del elemento de sensibilidad ante Inundación/Sequía <i>Situación presente y futura</i>).....	107
	Anexo 4. Vulnerabilidad (Calculo del elemento de sensibilidad ante el Incremento de los impulsores de riesgo a escala local y global <i>Situación presente y futura</i>).....	108
	Anexo 5. Vulnerabilidad (Cálculo del elemento de Impacto Potencial para Deslizamientos, Inundación/Sequía, Incremento de los impulsores de riesgo a escala local y global)	109
	Anexo 6. Vulnerabilidad (Cálculo del Elemento de Capacidad de Adaptación a Deslizamientos).....	110
	Anexo 7. Vulnerabilidad (Cálculo del Elemento de Capacidad de Adaptación a Inundación/Sequías).....	111
	Anexo 8. Vulnerabilidad (Cálculo del Elemento de Capacidad de Adaptación al Incremento de los impulsores de riesgo a escala local y global)	112
	Anexo 9. Cálculo de la Vulnerabilidad del ecosistema de Páramo ante los efectos del Cambio Climático (IMPACTO – CAPACIDAD DE ADAPTACIÓN)	113

Índice de Tablas

Tabla 1 Rangos Índice estandarizado de Precipitación.....	25
Tabla 2 Temporalidad de precipitaciones para datos de Mapa bioclimático para el Ecuador Continental (1971.2000)	37
Tabla 3 Vacíos y distancias para la estaciones más cercanas al área de estudio.....	54
Tabla 4 Correlación de datos meteorológicos.....	54
Tabla 5 Correlación para las ecuaciones de simulación de datos faltantes para la estación M390.....	55
Tabla 6 Índice estandarizado de Precipitaciones, Frecuencias en el periodo.....	58
Tabla 7 Índice de temporalidad de precipitación para la estación meteorológica M390	60
Tabla 8 Porcentaje de variación de carbono orgánico en cada piso altitudinal estudiado ..	69
Tabla 9 Coeficiente de Correlación del Carbono con la Altitud.....	70
Tabla 10 Cobertura de suelo nivel 1 y nivel 2	75
Tabla 11 Tasa anual de cambio para los periodos 1990-2000 y 2000-2008	77
Tabla 12 Variables e indicadores de Vulnerabilidad	85
Tabla 13 Relación del indicador con la dimensión o elementos de Vulnerabilidad	86
Tabla 14 Amenazas identificadas por variable e indicador	87
Tabla 15 Total de Amenazas identificadas	88
Tabla 16 Definición de escalas para los indicadores de vulnerabilidad.....	89
Tabla 17 Índice de exposición resultados total	91
Tabla 18 Índice de sensibilidad resultado Total.....	92
Tabla 19 Grado de impacto potencial para el Ecosistema	94
Tabla 20 Grado de capacidad de adaptación para la zona en estudio	95
Tabla 21 Escala de interpretación para la vulnerabilidad del ecosistema de Páramo	97
Tabla 22 Grado de Vulnerabilidad según amenazas establecidas.....	97
Tabla 23 Instrumentos e incentivos económicos (financieros y no financieros)	99
Tabla 24 Medidas de adaptación que proporcionan beneficios múltiples.	100

Índice de Figuras

Figura 1 Topografía Ecuador usada en el Modelo TL959	21
Figura 2 Ubicación del Ecosistema de Páramo en el Cantón Guano	27
Figura 3 Área de Estudio, Páramo	28
Figura 4 Precipitación media mensual (Enero-Diciembre 1970-2000)	34
Figura 5 Precipitación media anual.....	35
Figura 6 Temperatura máxima mensual (Enero-Diciembre)	41
Figura 7 Temperatura máxima anual	42
Figura 8 Temperatura mínima mensual (Enero-Diciembre).....	46
Figura 9 Temperatura mínima anual	47
Figura 10 Temperatura media mensual (Enero-Diciembre)	51
Figura 11 Temperatura media anual	52
Figura 12 Distancia de estaciones meteorológicas.....	53
Figura 13 Precipitación media modelo Climático TL959.....	64
Figura 14 Temperatura media Modelo Climático TL959	68
Figura 15 Altitudes tomadas en cuenta para determinar el Carbono Orgánico en la zona de estudio.....	71
Figura 16 Porcentaje de Carbono Orgánico Almohadilla	72
Figura 17 Porcentaje de Carbono Orgánico en Pasto.....	72
Figura 18 Porcentaje de Carbono Orgánico Pasto raíz	73
Figura 19 Porcentaje de Carbono Orgánico Almohadilla Raíz.....	73
Figura 20 Porcentaje de Carbono Orgánico Suelo 1	74
Figura 21 Porcentaje de Carbono Orgánico Suelo 2.....	74
Figura 22 Páramo Ecuador 1990, 2000 y 2008.....	76
Figura 23 Cambio de Cobertura vegetal de páramo 1990-2000 para Ecuador	78
Figura 24 Cambio de Cobertura vegetal de páramo 1990-2000 en la zona de estudio.....	79
Figura 25 Cambio de cobertura vegetal de páramo 2000-2008	80
Figura 26 Cambio de Cobertura vegetal de páramo 2000-2008 en la zona de estudio.....	81

Índice de Gráficos

Gráfico 1 Marco Analítico de medidas Basada en Ecosistemas	22
Gráfico 2 Precipitación media mensual	35
Gráfico 3 Índice de comportamiento de precipitación mensual.....	36
Gráfico 4 Temperatura actual (Máxima, Mínima y Media).....	52
Gráfico 5 Dispersión de los datos entre la estación M390 y M268	55
Gráfico 6 Dispersión para las ecuaciones de relleno	56
Gráfico 7 Relleno simulado para la estación M390.....	56
Gráfico 8 Tendencia para la precipitación en la estación M390	57
Gráfico 9 Índice estandarizado de precipitación Estación Urbina (M390).....	58
Gráfico 10 Temporalidad para precipitación de la estación del M390	59
Gráfico 11 Intensidad de Precipitación Mensual mm/día TL959	64
Gráfico 12 Temperatura media mensual Grados Celsius TL959.....	68
Gráfico 13 Porcentaje de Carbono Orgánico según rango altitudinal.....	70
Gráfico 14 Cambio de cobertura vegetal de páramo Ecuador 1990-2000	78
Gráfico 15 Cambio de cobertura vegetal de páramo para la zona de estudio 1990-2000.....	79
Gráfico 16 Cambio de cobertura vegetal de páramo Ecuador 2000-2008	80
Gráfico 17 Cambio de cobertura vegetal de páramo para la zona de estudio 2000-2008.....	81
Gráfico 18 Elementos de vulnerabilidad, proceso de evaluación de vulnerabilidad	83
Gráfico 19 Etapas para la identificación de la vulnerabilidad.	84
Gráfico 20 Grado de exposición ante la amenazas identificadas.	91
Gráfico 21 Grado de sensibilidad ante la amenazas identificadas.	93
Gráfico 22 Grado de impacto de las amenazas al Ecosistema de Páramo	94
Gráfico 23 Grado de Capacidad de adaptación ante las amenazas del Cambio Climático.	96
Gráfico 24 Vulnerabilidad del ecosistema de páramo ante las amenazas identificadas del Cambio Climático.	98

Abreviaturas

MAE: Ministerio del Ambiente del Ecuador.

INAMHI: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología

ESPOCH: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo

ESPOL: Escuela Superior Politécnica del Litoral

IGM: Instituto Geofísico Militar.

INEC: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos.

JMA: Agencia Meteorológica de Japón.

IPCC: Panel Intergubernamental de Expertos en Cambio Climático.

SPI o ESPI: Standard Precipitation Index o Índice Estandarizado de Precipitación.

SPOA: Siglas utilizadas en el modelo Climático TL959 para referirse al presente o periodo de control. 1979-2000 (precipitación) y 1979-2002 (Temperatura).

SNOA: Siglas utilizadas en el modelo Climático TL959 para referirse al Futuro cercano 2015-2039.

CRU: Climate Research Unit de la Universidad de East Anglia de Reino Unido.

EBA/AbE: Adaptación Basada en Ecosistemas.

SIG: Sistemas de Información Geográfica

1. Introducción

La presente investigación describe el nivel de vulnerabilidad presente en un ecosistema de páramo frente a riesgos de carácter climático y procesos socioeconómicos existentes en la zona, se sabe que el páramo es un ecosistema frágil a cambios en la temperatura y precipitación (anomalías), aunque la principal amenaza se enfoca en el cambio del uso de suelo.

La investigación está orientada a mostrar los niveles de vulnerabilidad y riesgos en los diferentes niveles de estudio, de acuerdo a lo referido en informes del IPCC (Panel Intergubernamental de Cambio Climático) y otros documentos como la EIRD (Estrategia Internacional de Gestión de Riesgos), es necesario tomar en cuenta de igual manera políticas generadas a nivel Nacional como la ENCC (Estrategia Nacional de Cambio Climático), de esta manera analizar las precondiciones de manejo en torno al ecosistema de páramo.

La característica principal de esta investigación es la generación de indicadores que demuestren con base metodológica, la sensibilidad del sistema.

1.1 Planteamiento del Problema

Uno de los principales problemas para la presente investigación es la insuficiente interpretación de datos cartográficos y climáticos, es necesario tomar iniciativas ambientales en base a datos que puedan visibilizar condiciones climáticas y socioeconómicas medibles, de esta manera lograr el conocimiento del riesgo, monitoreo real, conseguir una comunicación local efectiva y poseer una capacidad de respuesta eficaz ante los distintos tipos de eventos (incidente, emergencia, desastre y catástrofe).

El ecosistema de páramo soporta una importante degradación de los suelos, debido a factores climatológicos y actividades humanas como el aumento de la frontera agropecuaria que provoca el aumento de la erosión de los suelos, deterioro de la biodiversidad, inundaciones o alteraciones en el ciclo hidrológico. El deterioro de este tipo de ecosistema a su vez altera los servicios que estos brindan como por ejemplo el carbono retenido y la producción de agua.

La disponibilidad de agua y el carbono tienen una gran importancia desde el punto de vista de servicios eco-sistémicos, garantizar el mantenimiento de dichos servicios es fundamental para el gran desafío de los tomadores de decisiones en la región. Se sabe que el cambio en las tendencias climáticas es el producto de alteraciones en la atmósfera a causa de actividades humanas, en este caso, el cambio en el uso de suelo.

Partiendo desde el problema central y un enfoque social, económico, político y ambiental, se determina que la insuficiente generación de datos climáticos genera un desconocimiento, desvalorización ambiental y debilidad institucional lo que provoca un escaso desarrollo de políticas encaminadas a la adaptación y mitigación.

Claro está que la falta de generación de proyectos en base a una sustentación teórico-práctica del Cambio Climático generará pérdidas en este caso, sobre los servicios

ecosistémicos importantes existentes en la zona, como la retención y provisión de agua y por último la fijación de carbono.

La pérdida de estos servicios ecosistémicos importantes provocará una alteración en los niveles de carbono en la atmósfera y el incremento de sequías, inundaciones, aumento de la erosión y deterioro en la biodiversidad de páramo respectivamente, esto añadido a las alteraciones globales desencadenará una potencial degradación de los suelos y desertificación.

1.2 Justificación

En los últimos años existe un creciente deterioro de la biodiversidad en el ecosistema de páramo, el cual es considerado como uno de los ecosistemas de alta montaña presente tan solo en Colombia, Ecuador, Venezuela y Costa Rica. Este importante ecosistema brinda un servicio ecosistémico esencial para las poblaciones cercanas, y aporta con la regulación del ciclo del agua.

Desde este importante ecosistema nacen muchos de los ríos presentes en el Ecuador, de allí su valioso aporte ecosistémico, Los suelos de los andes ecuatorianos están formados por cenizas volcánicas, los humedales que conforman los páramos aportan con importantes servicios ambientales y el secuestro de COT (Carbono Orgánico Total).

Un análisis del riesgo es de mucha importancia en este tipo de ecosistemas, el cual según el Quinto reporte del IPCC (Panel Intergubernamental de Cambio Climático) 2014, “Impactos, Adaptación y Vulnerabilidad”, grupo de trabajo II, examina al riesgo como una interacción entre la vulnerabilidad, exposición y los peligros presentes en una zona o un sistema. Este riesgo a su vez es generado por impactos de tipo climático y procesos socioeconómicos.

Desde el punto de vista teórico, la presente investigación generará conciencia climática en los distintos niveles de gobierno presentes en la zona, ya que uno de los factores frágiles es la falta de información climática y vectores de análisis de biodiversidad en el páramo, y de cómo estos podrían impactar al desarrollo de la población.

Se pretende en base a este estudio: Identificar el ecosistema de páramo como vulnerable a los cambios del clima y factores socioeconómicos, proveer información para los tomadores de decisiones sobre las causas de la vulnerabilidad actual y futura de ecosistemas de páramo, identificar opciones de adaptación prácticas y viables, facilitar la incorporación de medidas de adaptación en planes y políticas, proveer bases sólidas para la búsqueda de financiamiento que atiendan problemas en torno al cambio climático.

2. Objetivos

2.1 General.

Evaluar la vulnerabilidad climática a nivel de ecosistema de páramo en la Comunidad de Igualata Cantón Guano Provincia de Chimborazo con la finalidad de proponer medidas de adaptación.

2.2 Específicos

- 2.2.1 Identificar y analizar variables climáticas presentes y futuras, diversidad biológica y carbono retenido.
- 2.2.2 Establecer una metodología de análisis de vulnerabilidad climática a nivel de ecosistema de páramo.
- 2.2.3 Sugerir medidas de adaptación basado en ecosistemas frente al Cambio Climático.

3. Marco Teórico Conceptual

3.1 Cambio Climático

El Cambio Climático según el V Informe del IPCC Grupo de trabajo II (*Impactos, adaptación y vulnerabilidad*) 2009, son la variación del estado del clima, identificable (por ejemplo, mediante pruebas estadísticas) en las variaciones del valor medio o en la variabilidad de sus propiedades, que persiste durante largos períodos de tiempo, generalmente decenios o períodos más largos. El cambio climático puede deberse a procesos internos naturales o a forzamientos externos tales como modulaciones de los ciclos solares, erupciones volcánicas o cambios antropogénicos persistentes de la composición de la atmósfera o del uso del suelo. La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), en su artículo 1, define el cambio climático como “cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera global y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables”. La CMNUCC diferencia, pues, entre el cambio climático atribuible a las actividades humanas que alteran la composición atmosférica y la variabilidad climática atribuible a causas naturales.

El calentamiento en el sistema climático es inequívoco y, desde la década de 1950, muchos de los cambios observados no han tenido precedentes en los últimos decenios a milenios. La atmósfera y el océano se han calentado, los volúmenes de nieve y hielo han disminuido, el nivel del mar se ha elevado y las concentraciones de gases de efecto invernadero han aumentado.¹

Con el tiempo, el clima de la Tierra cambia, y esto se debe a que muchos fenómenos terrestres, oceánicos y espaciales participan en su creación. El Sol es el principal agente impulsor del clima de nuestro planeta, ya que es la fuente de la mayor parte de la energía. Entre 1750 y 1950, la producción energética del Sol aumentó en

¹ IPCC, Intergovernmental Panel On Climate Change, 2013, Base de ciencia física, V Informe.

aproximadamente un 0,1 por ciento, lo cual aportó 0,1 °C al calentamiento que ocurrió en la primera mitad del siglo XX. Pero los datos obtenidos desde 1979, cuando comenzamos a realizar mediciones desde el espacio, indican que si bien la Tierra ha estado calentándose, no se ha producido ningún cambio a largo plazo en la energía solar total.

A lo largo de millones de años, el movimiento de los continentes altera profundamente el clima, provocando cambios en los casquetes polares y en la trayectoria de las corrientes oceánicas responsables del transporte del frío y del calor hasta los abismos oceánicos. A su vez, dichas corrientes afectan a los procesos atmosféricos.

La cantidad de nieve y hielo presente en la Tierra también afecta al clima, ya que estas superficies reflejan más energía solar que el manto terrestre y las aguas oceánicas, ambos más oscuros.

La inyección de ceniza y partículas diminutas en la estratósfera por gigantescas erupciones volcánicas también es capaz de enfriar el planeta. La bruma que resulta puede ocultar el Sol por períodos de hasta un año o dos después de una fuerte erupción volcánica. El polvo y las pequeñas partículas arrojadas al aire por procesos naturales y las actividades humanas pueden producir efectos similares, aunque algunas de estas partículas absorben la luz solar y de este modo contribuyen a calentar el clima.

Los gases de efecto invernadero, tanto naturales como producto de las actividades humanas, también afectan al clima terrestre.²

3.2 El Ecosistema de Páramo

Los páramos están presentes únicamente en Colombia, Ecuador, Venezuela y Costa Rica. Es en Colombia donde se encuentra su mayor extensión en el mundo. Abastecen de agua a la mayoría de los colombianos, sobre todo a los que habitan en la zona cordillerana. Ciudades importantes como Bogotá, Cali y Medellín toman el agua directamente de estos ecosistemas o de los ríos o quebradas que nacen de ellos.³

3.2.1 Páramo Ecuador

En el Ecuador, los Servicios ambientales que brindan los páramos son de importancia crítica para el abastecimiento de agua, la biodiversidad y los medios de subsistencia de las comunidades locales (Medina y Mena, 2001).

Para los indígenas que habitaron la región Andina, el páramo se constituía en un territorio sagrado y mítico. Para los Incas, por ejemplo, el páramo representó la ruta de expansión de todo su imperio. Sin embargo, desde la llegada de los españoles, estos ecosistemas al igual que muchos otros, han ido disminuyendo su extensión original e incluso en algunas regiones han desaparecido por completo a causa de la intervención humana.

² The COMET Program en colaboración con The National Environmental Education Foundation, Cambio Climático; cómo encajan las piezas.

³ (Greenpeace-Colombia. 2009, “Cambio Climático: Futuro Negro para los páramos”)

3.2.2 Diversidad y Clasificación de Páramos

Según descripciones, la más aceptada se basa en formaciones vegetales mapeadas a escala 1:250.000 (Proyecto Páramo, 1999); páramo arbustivo de los andes del sur, páramo de frailejones, páramo de pastizal, páramo herbáceo de almohadillas, páramo pantanoso, páramo seco, páramo sobre arenales, superpáramo, superpáramo azonal, cada uno de los cuales presenta sus propios tipos de plantas y animales así como una variedad de microclimas.⁴

3.2.3 Servicios Ecosistémicos de Páramo (mitigación)

A escala mundial, la evaluación internacional de los Servicios ambientales ecosistémicos que se realizó en los primeros años del nuevo milenio ha ayudado a quienes manejan tierras y gestionan políticas a percatarse y planificar, no sólo por los beneficios económicos a corto plazo que se pueden obtener de los diferentes paisajes, sino también por la importancia a largo plazo de los paisajes para el bienestar de los seres humanos y otras especies (Millennium Ecosystem Assessment, 2005).

En el Ecuador, los servicios ambientales que brindan los páramos son de importancia crítica para el abastecimiento de agua, la biodiversidad y los medios de subsistencia de las comunidades locales (Medina y Mena, 2001).

3.2.4 Cambio Climático y Biodiversidad

Las actividades humanas han producido cambios en los ecosistemas, con una consiguiente pérdida de biodiversidad en muchas regiones. Estos cambios en ecosistemas son debidos principalmente a factores como las pautas cambiantes en el uso de los suelos, y la degradación de muchos ecosistemas debido primordialmente a la degradación de los suelos, la degradación en la cantidad y calidad de las aguas, la pérdida, modificación y fragmentación del hábitat, la explotación selectiva de especies, y la introducción de especies no autóctonas.

Se espera que el cambio climático pueda afectar a individuos, poblaciones y especies y a la composición de los ecosistemas y sus funciones, ya sea directamente (mediante una subida de las temperaturas, cambios en las precipitaciones y, en el caso de sistemas acuáticos, cambios también en la temperatura de las aguas, del nivel del mar, etc.) e indirectamente (por ejemplo en la intensidad y frecuencia de alteraciones tales como los incendios forestales). Los impactos del cambio climático van a depender de otros procesos importantes, entre los que figuran la pérdida o fragmentación del hábitat (o su unificación—por ejemplo, en el caso de cuerpos de agua previamente aislados en sistemas de agua dulce) y la introducción de especies no autóctonas (especialmente especies invasoras).

Los cambios en la biodiversidad y cambios en el funcionamiento del ecosistema asociados a ellos pueden afectar a la productividad biológica. Estos cambios pueden afectar a bienes y servicios esenciales sobre los que se basan las sociedades humanas

⁴ Patricio Mena Vásconez1 & Robert Hofstede, Los páramos ecuatorianos, Ecociencia 2006.

(por ejemplo, los alimentos y las fibras). También pueden afectar al secuestro total de carbono en los ecosistemas oceánicos y terrestres, lo que puede afectar al ciclo mundial de carbono y a la concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera.

La productividad se puede medir de diferentes formas, entre ellas la productividad primaria neta (PPN), la productividad neta del ecosistema (PNE), y la productividad neta del bioma (PNB). Las plantas son responsables de la gran mayoría de la captación del carbono por los ecosistemas terrestres. La mayor parte de este carbono se devuelve a la atmósfera mediante una serie de procesos que incluyen la respiración, el consumo (seguido de la respiración animal y microbial), la combustión (por ejemplo, los incendios), y la oxidación química. La productividad primaria bruta (PPB) es la captación total de carbono a través de la fotosíntesis, mientras que la PPN es el régimen de acumulación de carbono después de tener en cuenta las pérdidas debidas a la respiración de las plantas y otros procesos metabólicos para mantener los sistemas que proporcionan vida a las plantas. El consumo de plantas por los animales, hongos y bacterias (respiración heterotrófica) devuelve carbono a la atmósfera y el régimen de acumulación de carbono a través de un ecosistema completo y durante una estación completa (u otro periodo de tiempo) es la PNE. En un ecosistema determinado, la PNE es positiva en la mayoría de los años, y el carbono se acumula aunque sólo lo haga muy lentamente. Sin embargo, las principales alteraciones, tales como los incendios y los fenómenos extremos que causan la muerte de muchos componentes de la biota emiten una cantidad de carbono mayor de lo normal. La acumulación media de carbono sobre grandes zonas y/o largos periodos de tiempo es la PNB. **Las respuestas para mitigación basadas en el secuestro de carbono a largo plazo se basan en un aumento de la PNB**⁵.

3.3 Riesgo y Vulnerabilidad

De acuerdo al informe especial del Grupo Intergubernamental de expertos sobre cambio climático” del IPCC1, “la exposición y la vulnerabilidad son dinámicas, varían en el tiempo y el espacio y dependen de factores económicos, sociales, geográficos, demográficos, culturales, institucionales, de gobernanza y ambientales” (IPCC, 2012). Riesgo según la Estrategia Internacional para la Reducción de Riesgos de Desastre (UNISRD, 2009) es la combinación de la probabilidad de que se produzca un evento y sus consecuencias negativas.

Vulnerabilidad según la Estrategia Internacional para la Reducción de Riesgos de Desastre (UNISRD 2009), son las características y las circunstancias de una comunidad, sistema o bien que los hacen susceptibles a los efectos dañinos de una amenaza.

La Vulnerabilidad por otro lado según el V informe sobre Cambio Climático del IPCC, Grupo II (*Impactos, adaptación y vulnerabilidad*) 2009, es la propensión o predisposición a ser afectado negativamente. La vulnerabilidad comprende una

⁵ IPCC Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, “Cambio Climático y Biodiversidad”. Documento técnico V del IPCC pag. 17-29

variedad de conceptos y elementos que incluyen la sensibilidad o susceptibilidad al daño y la falta de capacidad de respuesta y adaptación.

3.4 Modelo TL959

El modelo TL959-Japones es un modelo atmosférico global de alta resolución, con una grilla horizontal de 20 km, esto mejora la representación gráfica a una escala regional. Este es un prototipo de modelo atmosférico creado por la Agencia Meteorológica del Japón (JMA).

En la aplicación del modelo TL959 para el Ecuador se utilizaron tres conjuntos de datos para su correlación y validación los cuales son; El Climate Research Unit (CRU), Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) y el generado por el TL959, luego se obtuvieron tendencias para 3 variables climáticas (precipitación, temperatura y evapotranspiración). Los datos con un periodo de control comprendido entre Enero de 1979 y Diciembre del 2000 corresponden a la precipitación, en cambio para la temperatura se obtiene un periodo de 1979 al 2002. Los datos generados son para el presente, abreviado como (SPOA), y para el futuro cercano, abreviado como (SNOA) (INAMHI – MAE, 2010).

Considerando la topografía, se dividió al Ecuador en tres regiones Costa, Sierra y Oriente esto explícitamente para acercarse más a la realidad del clima en el Ecuador Continental. Por último con datos adicionales se dividió al Ecuador en 5 franjas transversales consideradas por sus características topográficas similares, con los siguientes límites en latitud. (Zona 1: -5 a -3.5, Zona 2: -3.5 a -2.5, Zona 3: -2.5 a -1, Zona 4: -1 a 0, Zona 5: 0 a 1). El modelo simula valores medios de precipitación, temperatura y evapotranspiración a una escala nacional, el cual genera resultados en SPOA (Datos modelo presente) y SNOA (Datos modelo Futuro Cercano). Cabe indicar que el modelo está formulado en un escenario climático propuesto por el IPCC considerado con las siglas A1B, donde el desarrollo tecnológico y energético es equilibrado.⁶

⁶ INAMHI-MAE. Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, Ministerio del Ambiente. Chimborazo O. Guitarra S. 2010. Escenarios de Cambio Climático con las salidas del Modelo TL959.

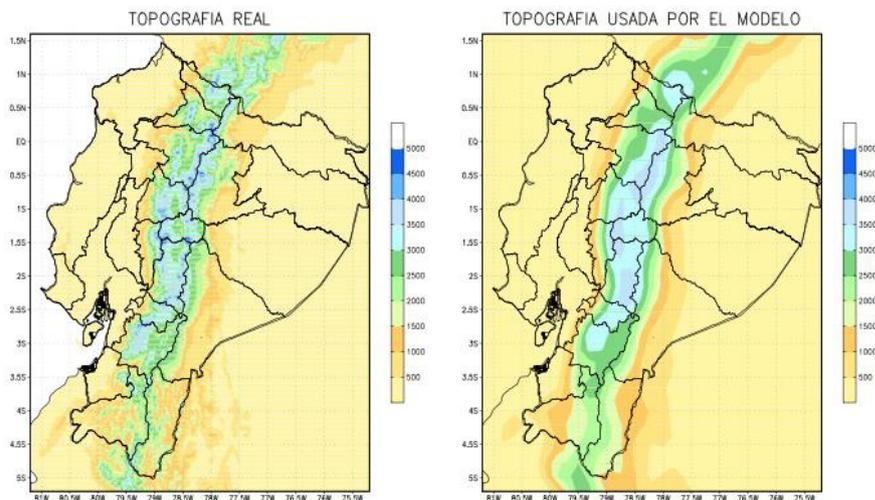


Figura 1 Topografía Ecuador usada en el Modelo TL959

Fuente: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología y Ministerio del Ambiente.

3.5 Medidas de adaptación basada en ecosistemas.

La adaptación basada en los ecosistemas (AbE) utiliza intencionadamente la “infraestructura verde” y los servicios ecosistémicos para fomentar la resiliencia de las sociedades humanas al cambio climático. La AbE es, de hecho, un enfoque antropocéntrico, interesado en la forma en que los ecosistemas pueden ayudar a las personas a adaptarse tanto a la variabilidad actual del clima como al cambio climático futuro. El objetivo es en todos los casos reducir la vulnerabilidad de las personas frente a los efectos del cambio climático. La AbE comprende medidas para conservar, restaurar y gestionar de manera sostenible los ecosistemas y los recursos naturales, y complementa o incluso reemplaza otras medidas de adaptación, como las medidas de infraestructura de construcción o “gris”.⁷

La Adaptación basada en Ecosistemas (AbE)² es definida como la utilización de la biodiversidad y los servicios de los ecosistemas³, como parte de una estrategia más amplia de adaptación, para ayudar a las personas a adaptarse a los efectos adversos del cambio climático.

La AbE integra el manejo sostenible, la conservación y la restauración de ecosistemas para proveer servicios que permiten a las personas adaptarse a los impactos del cambio climático. Su propósito es mantener y aumentar la resiliencia y reducir la vulnerabilidad de los ecosistemas y las personas.

⁷ GIZ. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit. Oliver J. Probst K. Renner I. Riha K. 2012. “Adaptación Basada en los Ecosistemas (AbE). Un nuevo enfoque para promover soluciones naturales para la adaptación al Cambio Climático en diferentes sectores.

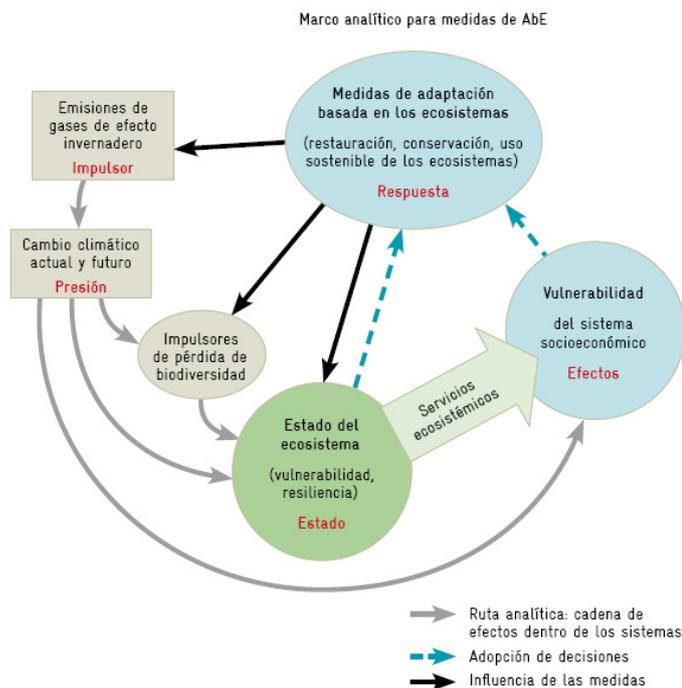


Gráfico 1 Marco Analítico de medidas Basada en Ecosistemas

Fuente: GIZ 2012.

Al promover el manejo sostenible, la conservación y la restauración de ecosistemas, la AbE está alineada con el Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB), la Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación (CNULD), la Convención sobre los Humedales (Convención de Ramsar), la Declaración de las Naciones Unidas sobre los Derechos de los Pueblos Indígenas (DNUDPI) y el Foro de las Naciones Unidas sobre los Bosques (FNUB), lo que conlleva sinergias y complementariedades entre las actividades y estrategias de AbE y otras acciones tendientes al manejo, conservación y restauración de ecosistemas con fines diversos.⁸

⁸ UICN. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y de los Recursos Naturales. 2012. Quito-Ecuador. A. Lhumeau, D. Cordero (2012). Adaptación basada en Ecosistemas: una respuesta al cambio climático. UICN, Quito, Ecuador. 17 pp.

4 Metodología

Para establecer parámetros claros en la presente investigación se identificó el área para la zona de estudio mediante la herramienta de Sistema de información Geográfica (ArcMap 10.1) en base a características altitudinales, eco sistémicos y limítrofes. De igual manera se analizó variables climáticas presentes y futuras a través de datos observados en las estaciones meteorológicas más cercanas, para lo cual se realizó un análisis exploratorio de los datos encontrados. Mediante (ArcMap 10.1) se determinó distancias y variables climáticas proporcionadas por el Ministerio del Ambiente (*Modelo Bioclimático para el Ecuador Continental*), consecuentemente se identificará ecuaciones de relleno de datos para establecer el mejor modelo de ecuación;

Esencialmente para el presente trabajo se identificó variables climáticas del Modelo Bioclimático para el Ecuador (Precipitación media y Temperatura máxima, mínima y media), Estación Meteorológica M390 (Precipitación media) y Modelo TL959 (Temperatura presente y futura, Precipitación presente y futura).

Los métodos de análisis exploratorio de datos y de relleno para la estación meteorológica M390 son:

Método de Regresión lineal Simple:

$$y = a + b * x$$

Donde;

y= Valor estimado de la precipitación para la estación carente (mm)

x= Valor de precipitación registrado en la estación patrón (mm)

a,b= constantes de regresión

Razón Distancia:

$$PX = PA + a * \frac{(PB - PA)}{(a + b)}$$

Donde;

PX, PA, PB, representan la precipitación para las estaciones X, A y B, respectivamente, para el periodo en estudio.

En este método se ocupan las precipitaciones y las distancias, por lo tanto se asume que existe una variación lineal de las precipitaciones, en función de la disposición espacial. Definir a y b

Promedio Estación Vecina:

Simplemente se asume un promedio de todas las estaciones vecinas para completar los datos faltantes.

Ecuación Razón Promedio:

$$P_X = \frac{\bar{P}_X}{N} * \frac{P_A}{P_A} + \frac{P_B}{P_B} + \dots + \frac{P_N}{P_N}$$

$\bar{P}_X, \bar{P}_A, \bar{P}_B, \bar{P}_N$ = promedio normal de las precipitaciones anuales registradas en un periodo común para las N estaciones y la estación X.

P_A, P_B, \dots, P_N = precipitación en las N estaciones durante el período que falta en X.

Lo que se logra al aplicar este método, es realizar una estimación para la estación faltante, en función de las relaciones entre las precipitaciones de un periodo en estudio y las precipitaciones normales (Pizarro *et al.*, 1993).

Cabe señalar que se entiende por precipitación normal, el promedio de los últimos treinta años: de no contarse con los registros de esta duración, se puede establecer un periodo común a las estaciones en análisis, que se sugiere sea mayor o igual a 20 años en lo posible.

Ecuación de correlación:

$$P_X = \frac{P_{XA} * r_{XA} + P_{XB} * r_{XB} + \dots + P_{XN} * r_{XN}}{r_{XA} + r_{XB} + \dots + r_{XN}}$$

Donde;

P_X = Valor estimado de precipitación en X.

P_{Xi} = Valor estimado de precipitación en X, a partir de las regresiones con cada una de las i estaciones.

r_{Xi} = Coeficiente de correlación entre los registros de la estación X, y cada una de las i estaciones.

A, B...N = Estaciones consideradas.

Este método sirve para la completación de información de tipo anual, y su uso es sólo recomendable cuando el coeficiente de correlación del método de correlación lineal, no supera la barrera del valor ± 0.8 . (Cazalac, 2005).

Además se establecerá el algoritmo E-M (Esperanza-Maximización) usado en estadística y sirve para encontrar estimadores de máxima verosimilitud que dependen de variables no observables, este tipo de algoritmo fue expuesto por Dempster et al. (1977) y servirá para determinar datos faltantes de la estación meteorológica analizada mediante la herramienta R.

A continuación se analizó datos de clima generados por el modelo Climático TL 959 los cuales están en formato raster (tif). Este tipo de salida nos brindará información de Temperatura y Precipitación en un periodo futuro establecido desde el año 2015 al 2039, al establecer el clima presente y futuro se procede a examinar datos ambientales recolectados en la zona (Investigación de campo y laboratorio) tales como; carbono

retenido y densidad de flora, estos datos nos brindó consideraciones técnicas de valoración para el análisis de vulnerabilidad.

Por consiguiente se estableció un indicador que determine niveles de sequía donde se puedan analizar periodos donde la precipitación sea escasa o abundante, para el presente trabajo se utilizó el Standardized Precipitation Index (SPI) que fue desarrollado por MCKEE et al. (1993 y 1995) para conseguir una representación de los periodos anormalmente secos y húmedos de forma precisa.

Tabla 1

Rangos Índice estandarizado de Precipitación

Rango SPI	Categoría
>2,00	Extremadamente húmedo (XH)
1,50 a 1,99	Muy húmedo
1,00 a 1,49	Moderadamente húmedo (MH)
0,00 a 0,99	Ligeramente húmedo (LH)
0,00 a -0,99	Ligeramente seco (LS)
-1,00 y -1,49	Moderadamente seco (MS)
-1,50 y -1,99	Muy seco (YS)
<= a-2,00	Extremadamente seco (XS)
<i>Fuente: Doesken, Nolan; Tom McKee y Juan Kleist. Centro del Clima. Estados Unidos, 1993</i>	

Uno de los indicadores importantes para determinar el nivel de vulnerabilidad en este tipo de ecosistemas es determinar la tasa anual de cambio para este ecosistema, es decir, a que nivel se ha intervenido este tipo de ecosistema y como ha cambiado en los diferentes periodos de análisis, por lo que se usó las capas de cobertura vegetal de los años 1990, 2000 y 2008 generados por el Ministerio del Ambiente 2012. De esta manera se analizó solo la cobertura vegetal perteneciente al ecosistema de páramo mediante la herramienta de ArcMap se observó los cambios en la cobertura de páramo en el periodo de 1990-2000 y 2000-2008, de esta manera mediante la siguiente fórmula se estableció la tasa anual de cambio.

$$q = \left(\frac{A2}{A1} \right)^{1/(t2-t1)} - 1$$

Donde A1, A2 son las áreas de páramo en la fecha inicial y final respectivamente.

T2 es la fecha final y T1 la fecha inicial. (Puyravaud, 2003).

La fórmula empleada para el presente análisis resulta en una tasa porcentual anual.

Para determinar la métrica en hectáreas/año se utiliza la siguiente fórmula:

$$R = \frac{A1 - A2}{t2 - t1}$$

Por consiguiente se estableció una metodología de análisis a nivel de ecosistema de páramo, donde se identificó indicadores de vulnerabilidad para los elementos de vulnerabilidad; Exposición, Sensibilidad y Capacidad de Adaptación mencionadas por el IPCC 2007.

Por ultimo en base al nivel de vulnerabilidad y amenazas identificadas se sugirió medidas de adaptación basada en ecosistemas, en este caso se puntualizó medidas de adaptación al cambio climático relacionados con los índices de vulnerabilidad determinados en la metodología de análisis, estas medidas están determinadas y sugeridas de acuerdo a lo planteado en el documento de “Adaptación basada en los ecosistemas (AbE). Un nuevo enfoque para promover soluciones naturales para la adaptación al Cambio Climático en diferentes sectores” desarrollado por Probst et al. (2012). (GIZ).

5. Resultados.

5.1 Análisis climático-ambiental

5.1.1 Delimitación de la zona.

Para determinar el análisis climático y ambiental, se estableció la zona de estudio mediante un análisis cartográfico, donde se logró instaurar el área de estudio relacionada con el ecosistema de páramo.

Desde un punto de vista limítrofe y ecosistémico se consideró el área de influencia de estudio que abarca la Provincia de Chimborazo, Cantón Guano, Parroquias de; San Isidro, Valparaíso, Ilapo, Santa Fe de Galán, San Andrés y Guano. De acuerdo a la figura 4. Los puntos de muestreo se encuentran cercanos al Cerro de Igualata.

Ubicación: coordenadas UTM x= 76274 y=983428

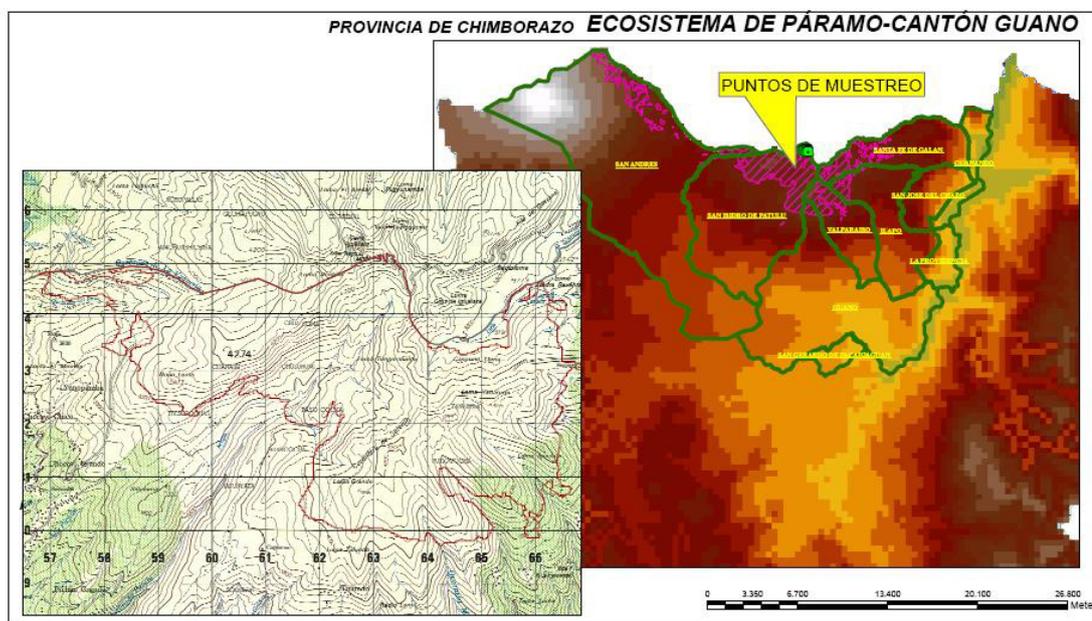


Figura 2 Ubicación del Ecosistema de Páramo en el Cantón Guano

Nota: Elaborado: Carlos Rosero Erazo. Fuente: IGM Cartas Topográficas ÑIVC2QUERO-ÑIVC4GUANO, MAE, INEC, ESPOCH. La presente figura está establecida mediante cartas Topográficas, curvas de Nivel, Datum WGS84 UTM zona 17 Sur, Cobertura vegetal para el Ecuador Continental (Páramo) y puntos de muestreo para la determinación de Carbono.

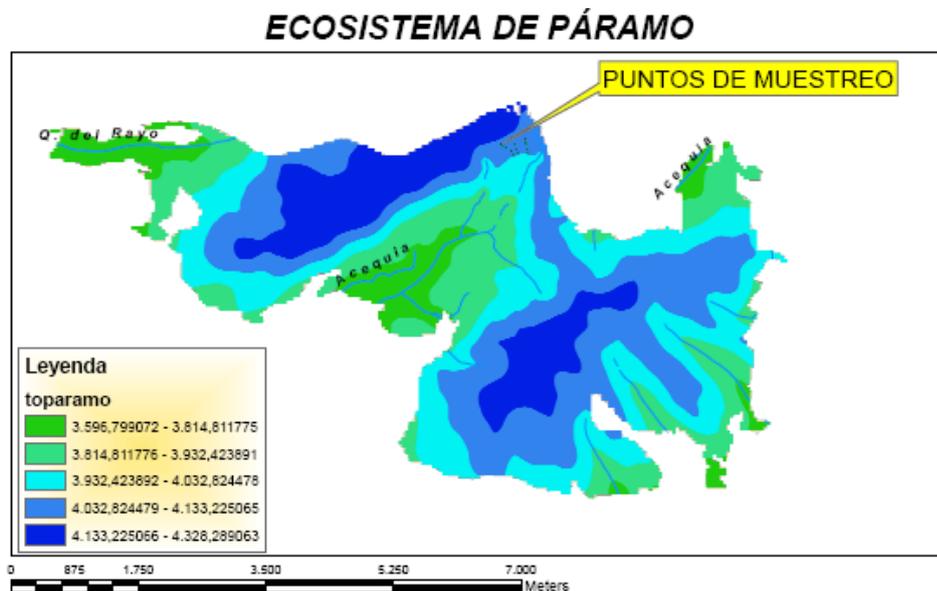


Figura 3 Área de Estudio, Páramo

Nota: Elaborado: Carlos Rosero E. Fuente: IGM, MAE, ESPOCH. La presente Figura es elaborada mediante curvas de nivel cada 5 metros. Datum WGS 84 Zona 17 Sur y en base a límites entre la Provincia de Chimborazo y Tungurahua a la vez solo se considera el área de páramo. En la imagen se detalla los diferentes pisos altitudinales en metros sobre el nivel del mar.

El área total de estudio dentro de los parámetros anteriormente considerados abarca 2668 hectáreas de páramo tipo pastizal.

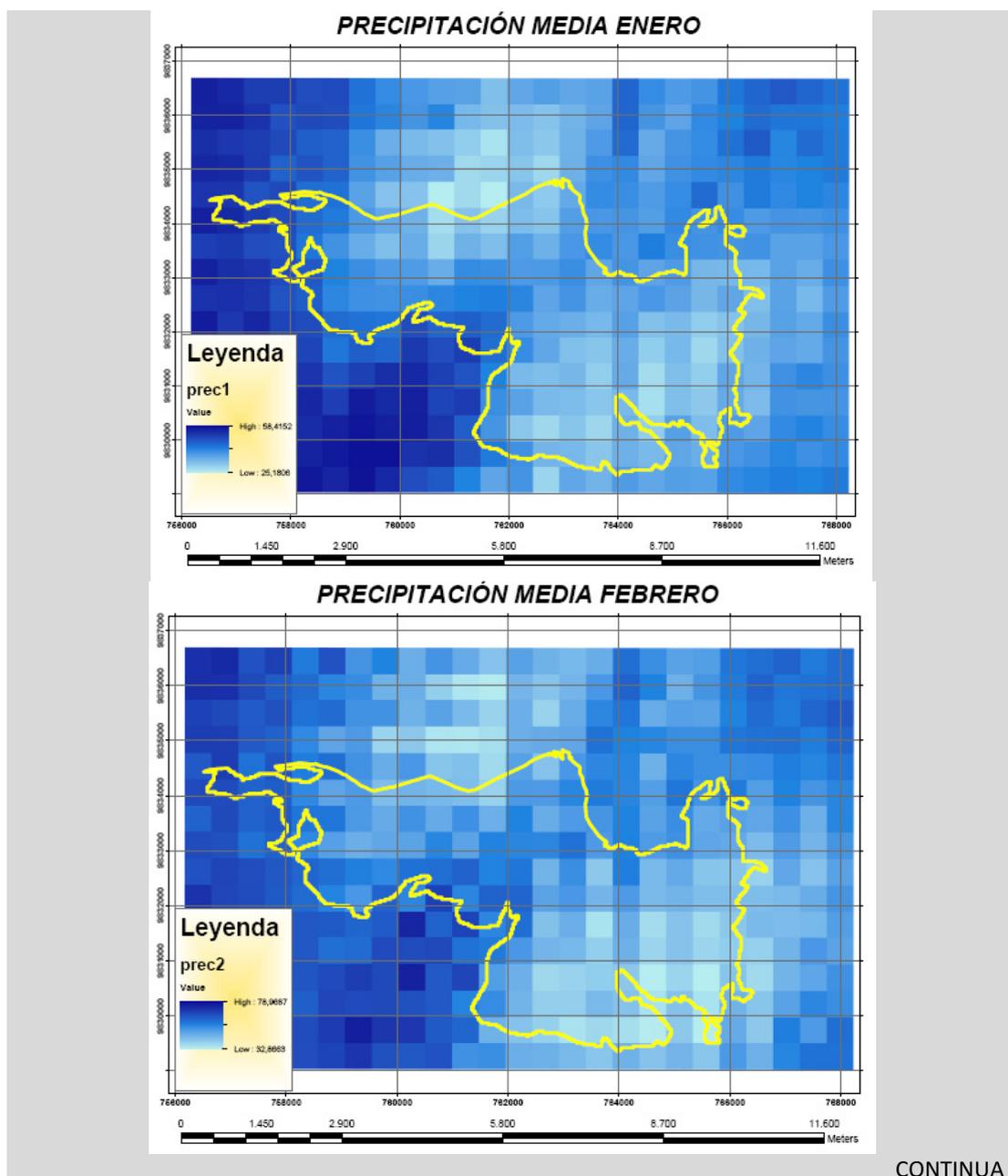
Si bien es cierto el nivel altitudinal tiene mucha influencia en este tipo de ecosistema, es importante validar los datos en campo para una mayor aproximación a la realidad local. La localización del estudio abarca algunas regiones con similares condiciones ambientales y de escala reducida a 1:25000, las curvas de nivel trabajadas en el modelo geográfico están extendidas a 5 metros, además desarrolladas para el sistema local WGS84 UTM Zona 17.

5.1.2 Clima presente

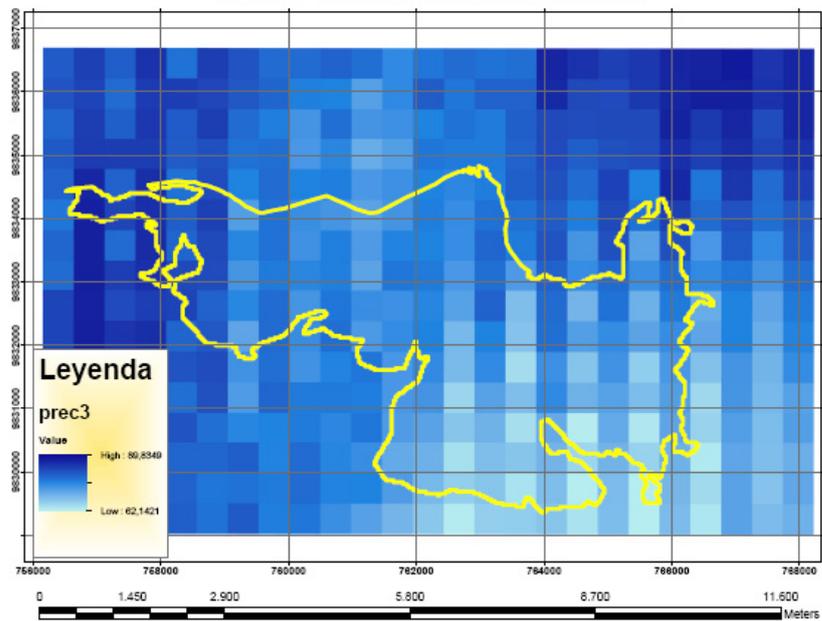
Uno de los parámetros importantes para el estudio de Vulnerabilidad en Ecosistemas, es lo relacionado con el clima. El análisis del clima presente es fundamental a la hora de tomar cualquier decisión de desarrollo local, a continuación se detalla el Clima presente en el área de estudio.

5.1.2.1 Precipitación media mensual

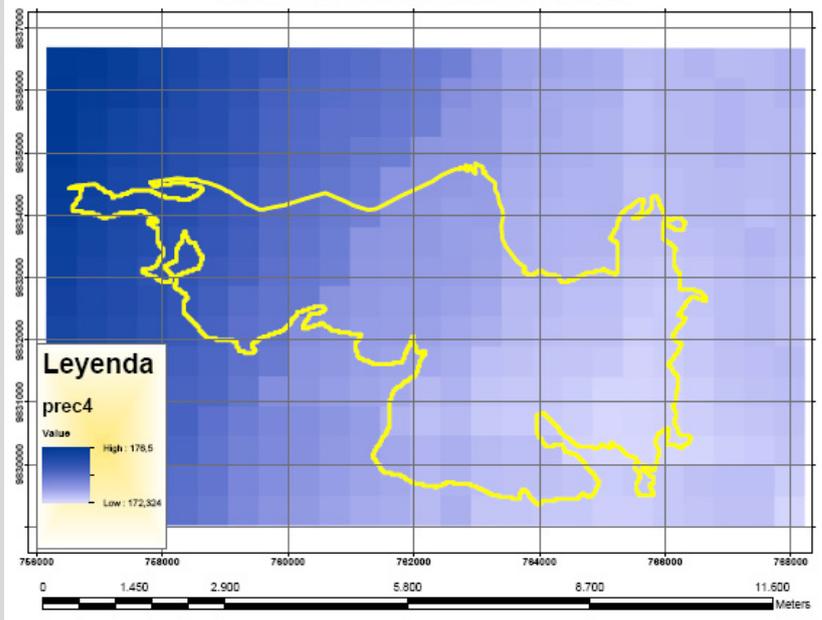
A continuación se detalla la precipitación media mensual para la zona de estudio, este análisis se lo hace a partir del modelo bioclimático para el Ecuador Continental realizado a partir de 170 estaciones meteorológicas y pluviométricas en todo el Ecuador, cabe indicar que el modelo geo estadístico aplicado para este modelo fue Kriging ordinario.



PRECIPITACIÓN MEDIA MARZO

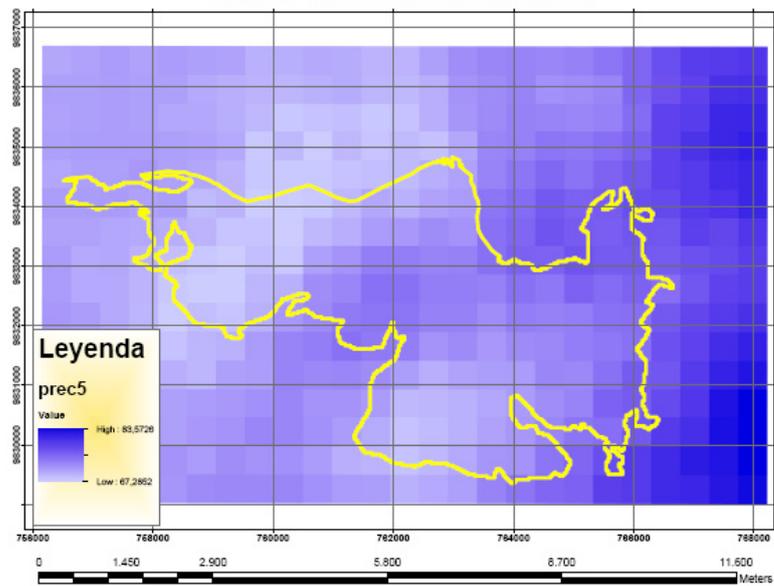


PRECIPITACIÓN MEDIA ABRIL

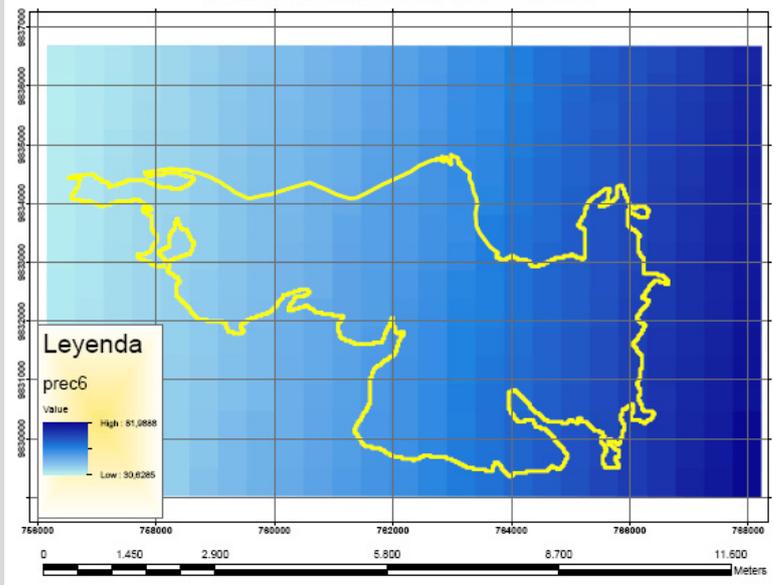


CONTINUA

PRECIPITACIÓN MEDIA MAYO

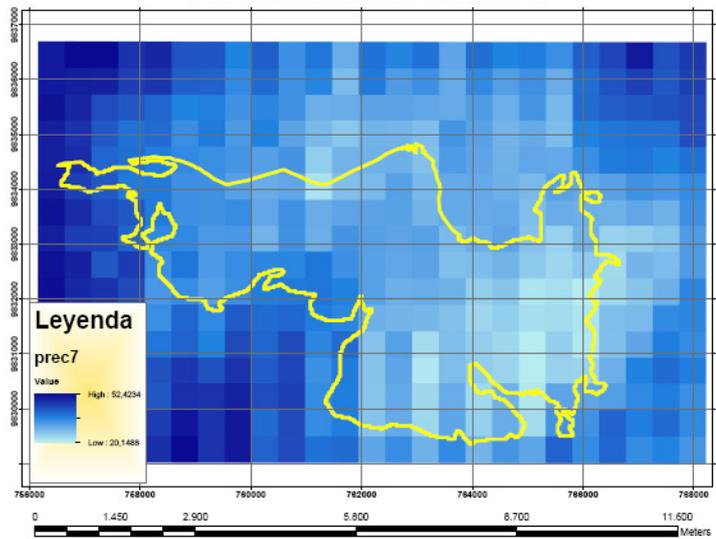


PRECIPITACIÓN MEDIA JUNIO

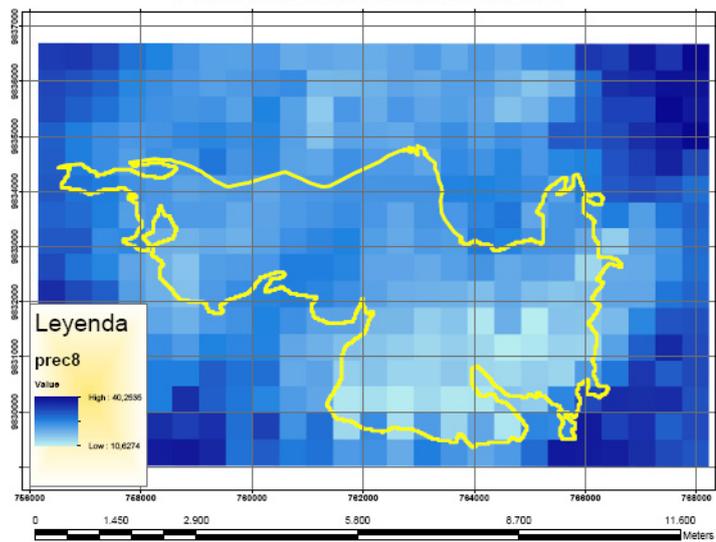


CONTINUA

PRECIPITACIÓN MEDIA JULIO

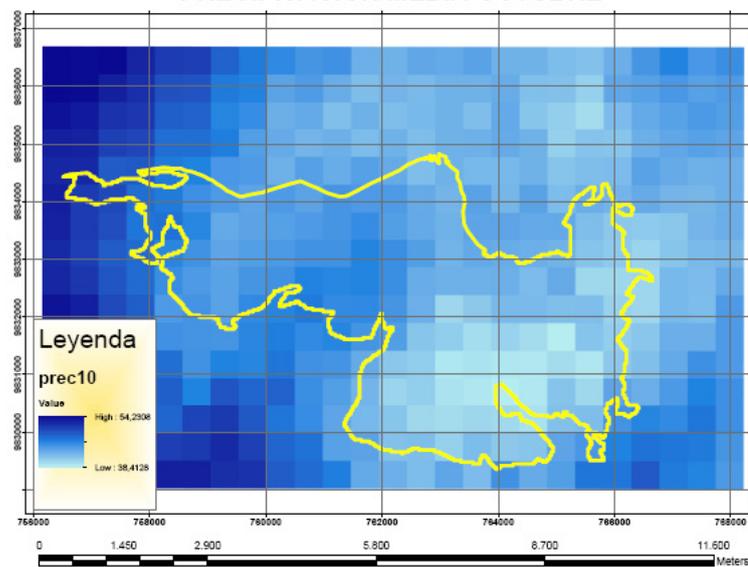


PRECIPITACIÓN MEDIA AGOSTO

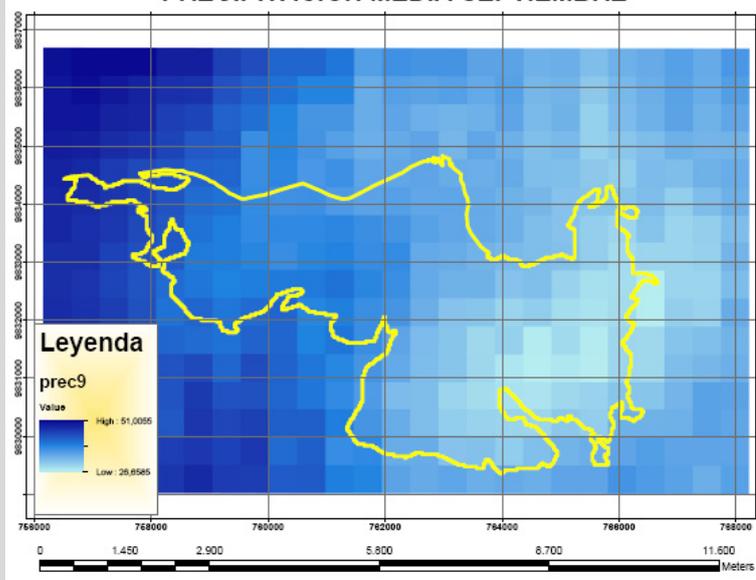


CONTINUA

PRECIPITACIÓN MEDIA OCTUBRE



PRECIPITACIÓN MEDIA SEPTIEMBRE



CONTINUA

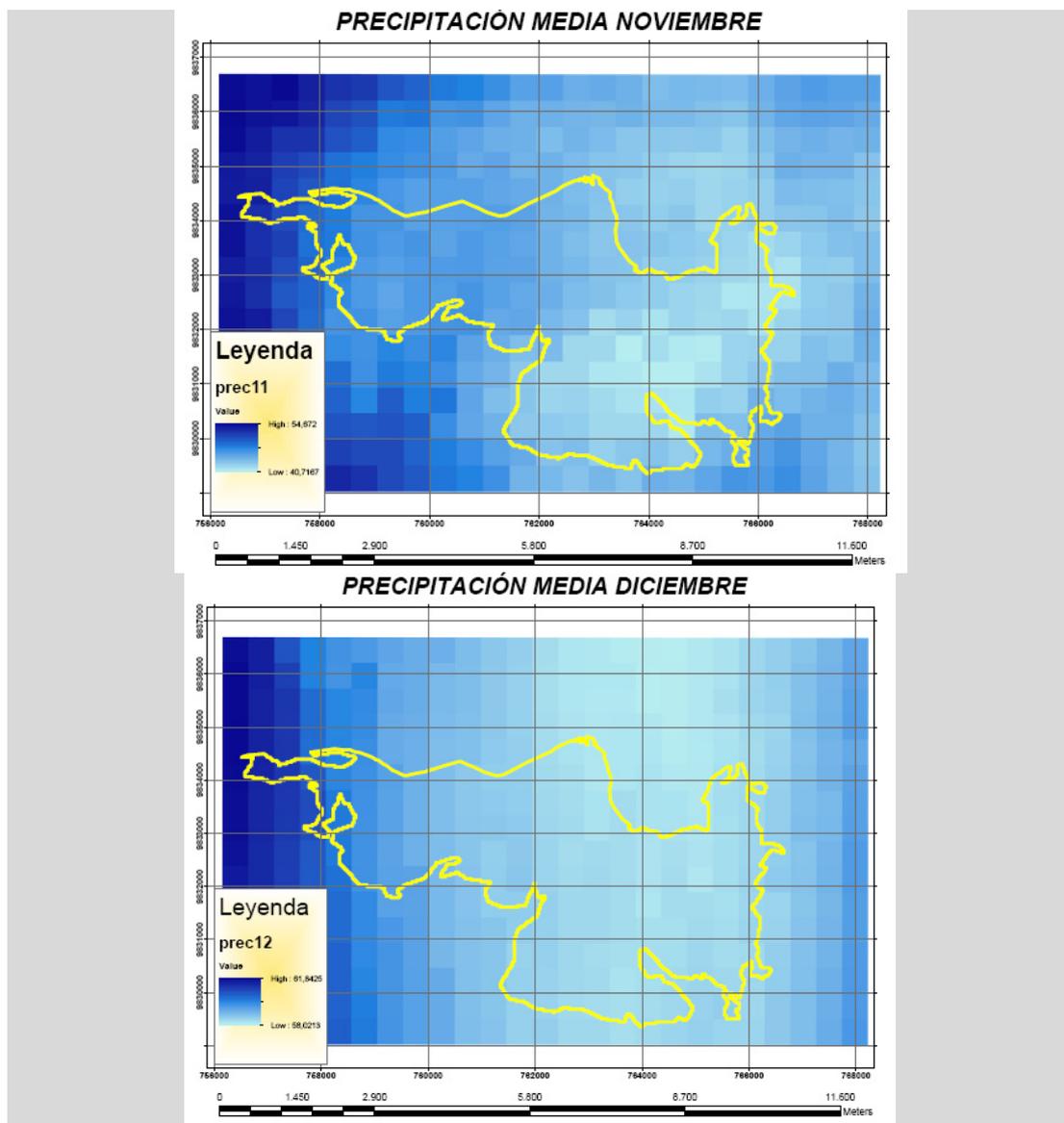


Figura 4 Precipitación media mensual (Enero-Diciembre 1970-2000)

Fuente: MAE 2012

Nota: Elaborado: Carlos Rosero Erazo. La presente Figura está establecida en base al Mapa Bioclimático para el Ecuador Continental y analizado a nivel Local

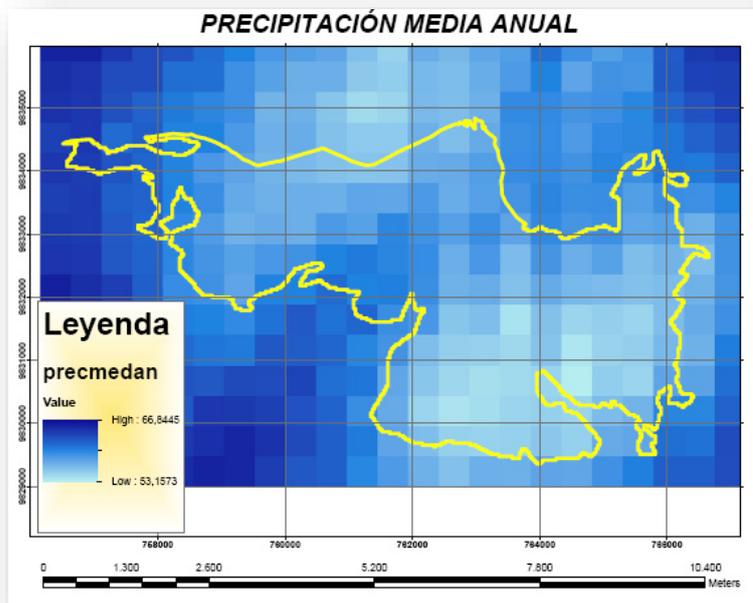


Figura 5 Precipitación media anual

Fuente MAE 2012

Nota: Elaborado: Carlos Rosero Erazo. La presente Figura está establecida en base al Mapa Bioclimático para el Ecuador Continental y analizado a nivel Local.

De acuerdo al modelo climático señalado en las figuras anteriores se establece el siguiente Gráfico, el cual establece los valores donde existe mayor precipitación desde Enero a Diciembre.

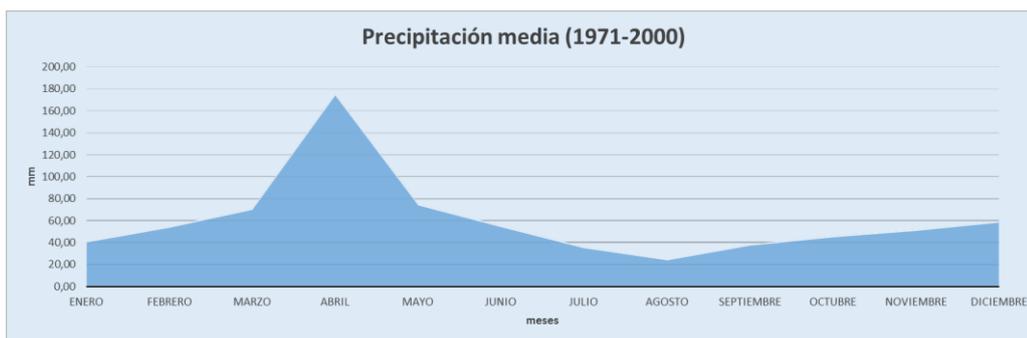


Gráfico 2 Precipitación media mensual

Nota: Elaborad: Carlos Rosero Erazo. Fuente MAE 2012. El presente Gráfico está establecido en base al Mapa Bioclimático para el Ecuador Continental y analizado a nivel Local.

A continuación se determina la temporalidad o estacionalidad el cual es una normalización de un conjunto de datos establecido desde enero a diciembre dentro de un periodo relacionado entre los años 1971-2000. En este caso se puede observar la distribución de la precipitación al cabo de un año con relación al promedio anual el cual al sumarlo nos dará el número de meses de intensidad de precipitación con relación al promedio anual como se logra observar en la columna de temporalidad del Cuadro 2.

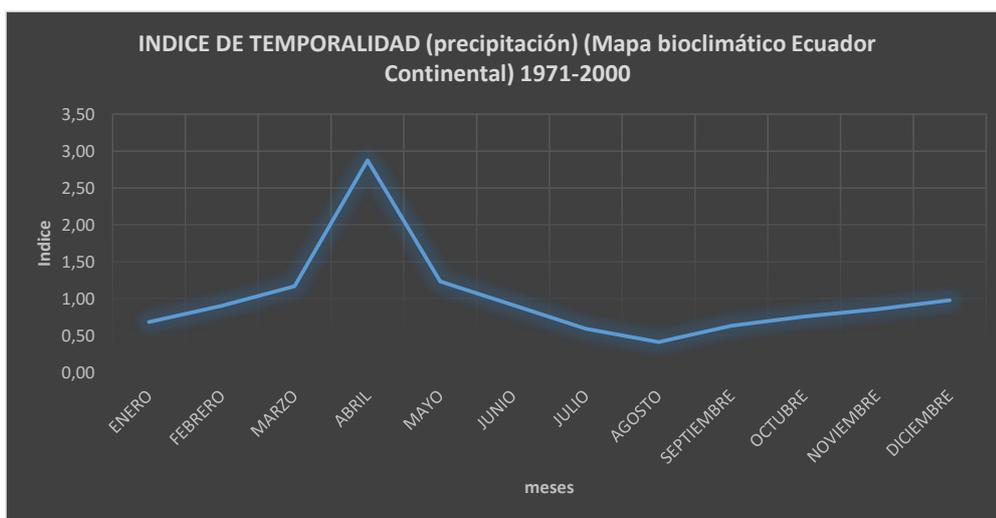


Gráfico 3 Temporalidad o Estacionalidad de precipitación mensual

Nota: Elaborado: Carlos Rosero Erazo. Fuente MAE 2012. En base a un análisis del Mapa Bioclimático para el Ecuador Continental a nivel local se determinan estos datos, por lo que se presenta una gráfica de temporalidad de los datos o estacionalidad.

La temporalidad de un conjunto de datos nos brinda un análisis de comportamiento de los mismos con respecto a la media de un tiempo determinado, es decir se observan datos que estarían fuera de una normal. De esta manera en la gráfica anterior se puede observar como es el comportamiento de la precipitación en un periodo de 1971 al 2000. Los valores mayores a uno son los meses donde se presentan mayor intensidad de precipitación (marzo, abril y mayo) en relación al promedio anual, es decir que en estos tres meses llueve en mayor intensidad con relación al promedio anual. Se puede interpretar que esta intensidad de precipitación dentro de una normal con relación al promedio anual equivaldría a 5.6 meses de lluvia (sumatoria del índice); Es decir, la cantidad de lluvia caída en esos 3 meses se puede distribuir en 5.6 meses para mantener una normalidad de datos relacionados con la precipitación media anual, se puede interpretar que en los 3 meses de lluvia pueden existir inundaciones u otros fenómenos que pueden alterar el nivel freático.

Tabla 2

Temporalidad de precipitaciones para datos de Mapa bioclimático para el Ecuador Continental (1971.2000)

PÁRAMO PICHAN (TEMPORALIDAD DE PRECIPITACIÓN) MAE-INAHI			
MESES	PRESENTE	PORCENTAJE PRESENTE VALOR MEDIO	TEMPORALIDAD
ENERO	41,50	5,68	0,68
FEBRERO	55,00	7,53	0,90
MARZO	71,00	9,73	1,17
ABRIL	175,00	23,97	2,88
MAYO	75,00	10,27	1,23
JUNIO	55,50	7,60	0,91
JULIO	36,00	4,93	0,59
AGOSTO	25,00	3,42	0,41
SEPTIEMBRE	38,50	5,27	0,63
OCTUBRE	46,00	6,30	0,76
NOVIEMBRE	52,00	7,12	0,85
DICIEMBRE	59,50	8,15	0,98
PROMEDIO ANUAL	60,83	100,00	12,00
SUMATORIA DE LOS VALORES	730,00		

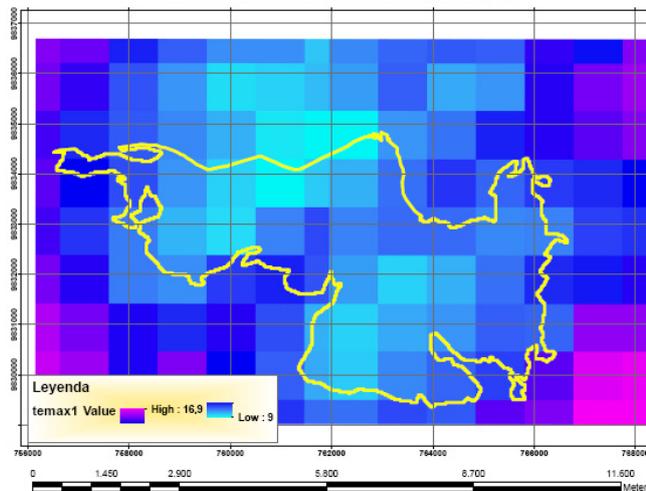
Nota: Elaborado: Carlos Rosero E. Fuente: MAE 2012. En la columna de temporalidad se observan datos por encima y por debajo de 1, estos valores pueden interpretarse como la estacionalidad que tiene el sitio ya que el valor 1 sería la normal. La columna de porcentaje de igual manera determina el nivel de precipitaciones al cabo de un año.

En la tabla anterior se puede observar los índices distribuidos en los meses de Marzo, Abril y Mayo, por consiguiente la sumatoria de los índices ((temporalidad) nos brindará el número de meses donde la precipitación podría distribuirse en relación al promedio anual.

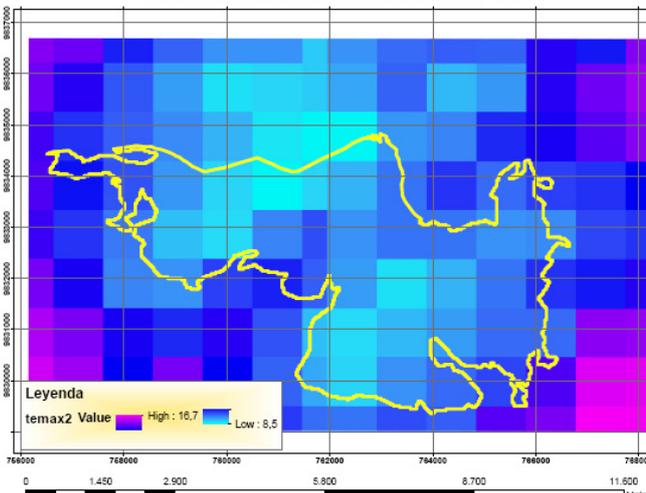
5.1.2.2 Temperatura máxima mensual

De igual manera como en la precipitación a continuación se representa la temperatura máxima mensual a través de mapas o figuras representadas por el modelo bioclimático para el Ecuador Continental.

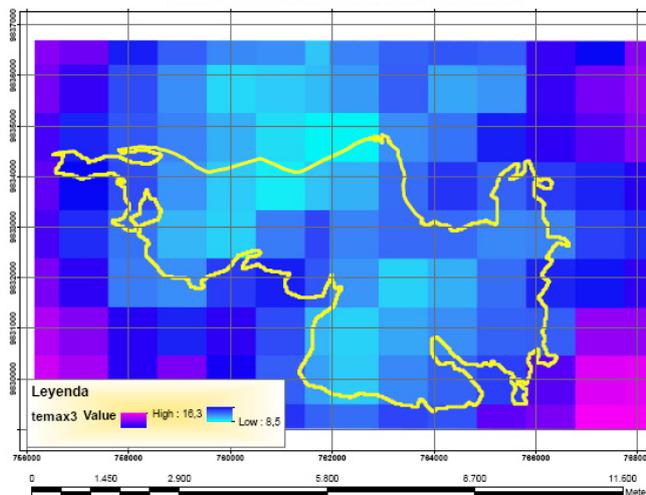
TEMPERATURA MAXIMA ENERO



TEMPERATURA MAXIMA FEBRERO

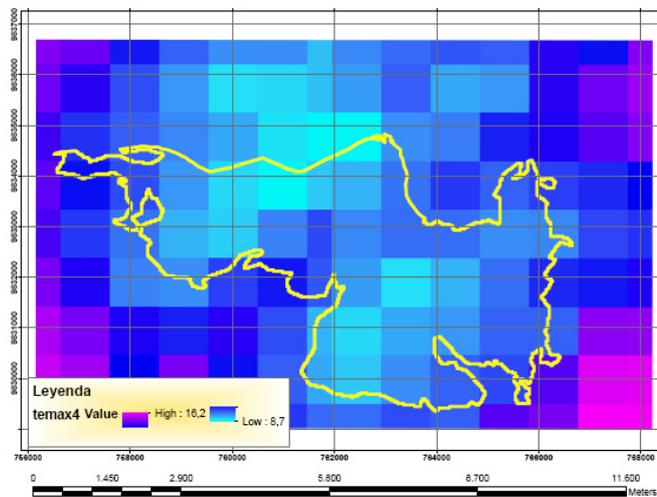


TEMPERATURA MAXIMA MARZO

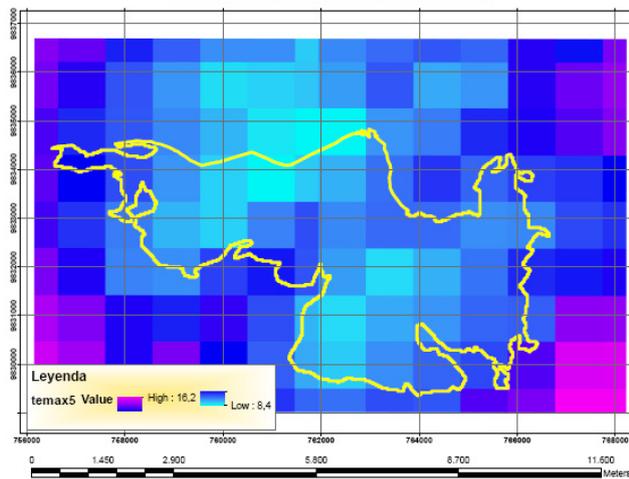


CONTINUA

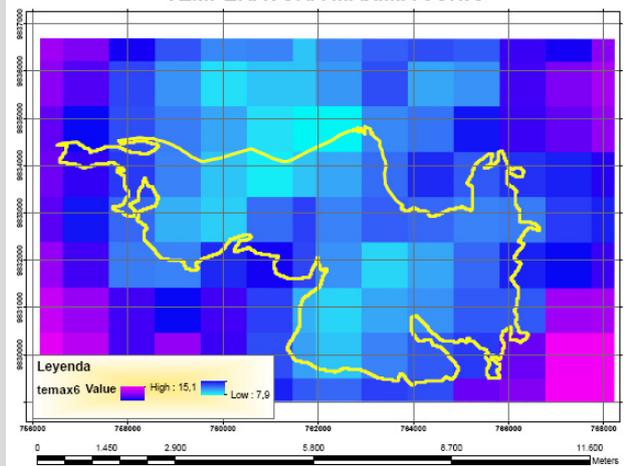
TEMPERATURA MAXIMA ABRIL



TEMPERATURA MAXIMA MAYO

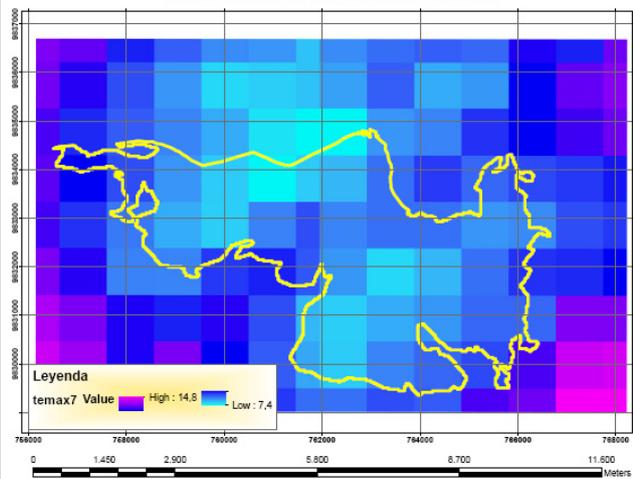


TEMPERATURA MAXIMA JUNIO

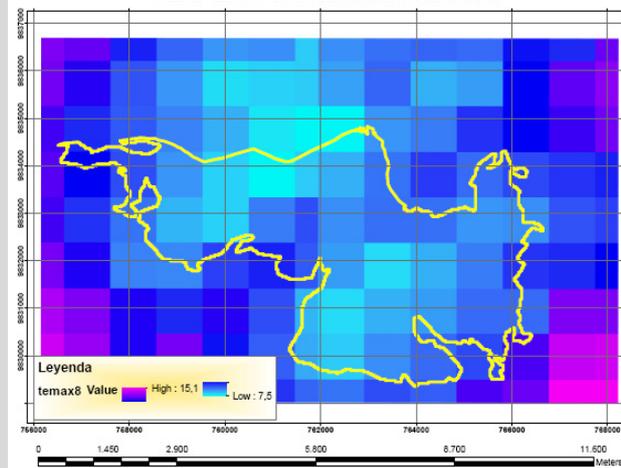


CONTINUA

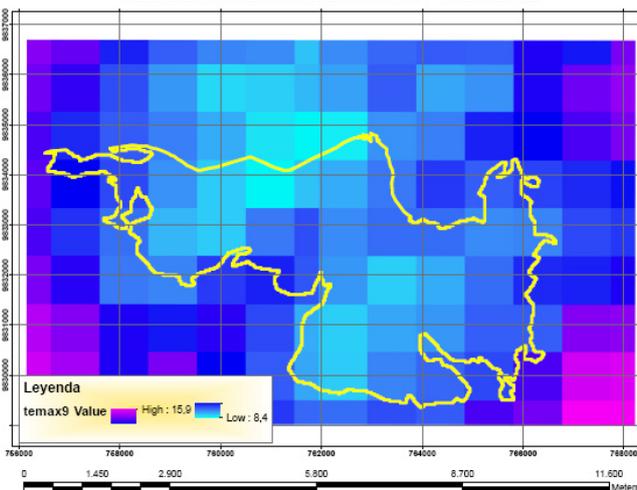
TEMPERATURA MAXIMA JULIO



TEMPERATURA MAXIMA AGOSTO



TEMPERATURA MAXIMA SEPTIEMBRE



CONTINUA

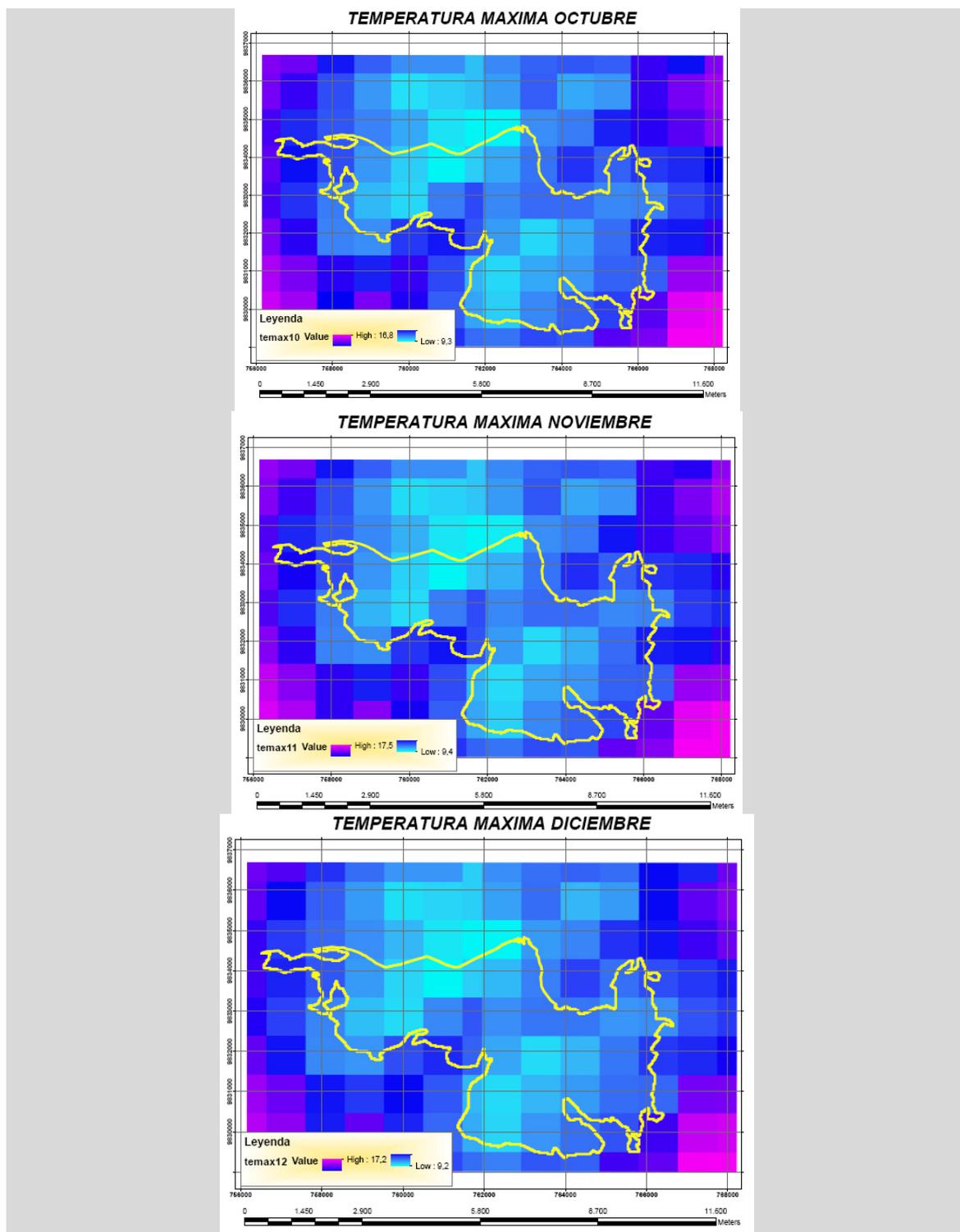


Figura 6 Temperatura máxima mensual (Enero-Diciembre)

Nota: Elaborado: Carlos Rosero E. Fuente: MAE 2012. La presente Figura está establecida en base al Mapa Bioclimático para el Ecuador Continental y analizado a nivel Local

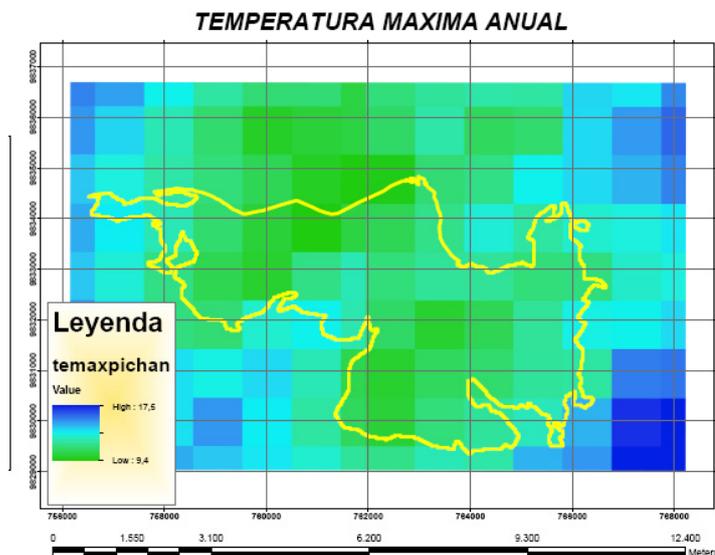
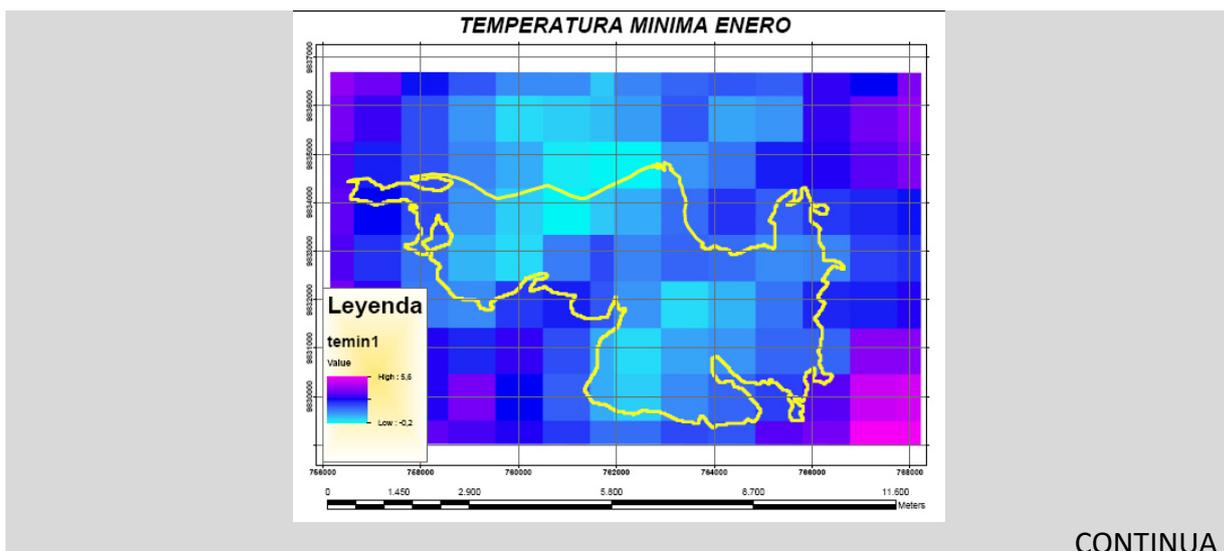


Figura 7 Temperatura máxima anual

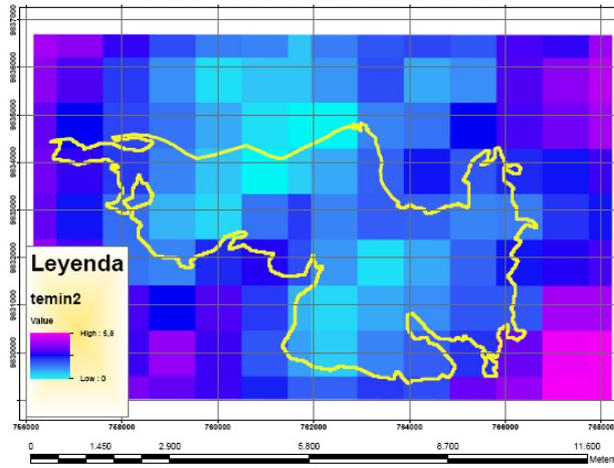
Nota: Fuente: Elaborado: Carlos Rosero E. MAE 2012. La presente Figura está establecida en base al Mapa Bioclimático para el Ecuador Continental y analizado a nivel Local

5.1.2.3 Temperatura mínima mensual

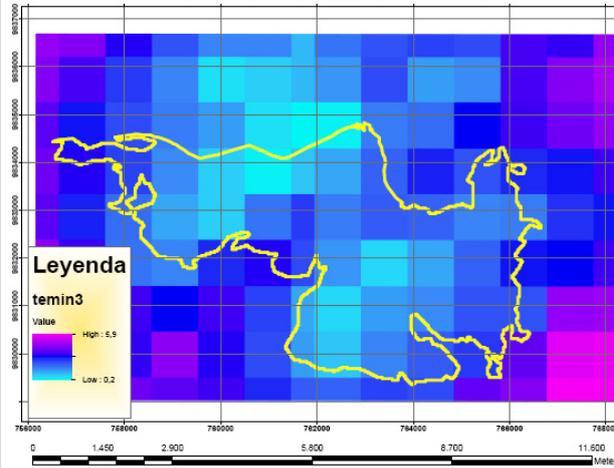
A continuación se detalla en la Figura 8 la Temperatura mínima mensual, obtenida a través del modelo bioclimático para el Ecuador Continental, este modelo fue realizado en base a información del worldclim, debido a la reducida información para esta variable. Por consiguiente se detallará en un gráfico los datos obtenidos para su interpretación. (www.worldclim.org).



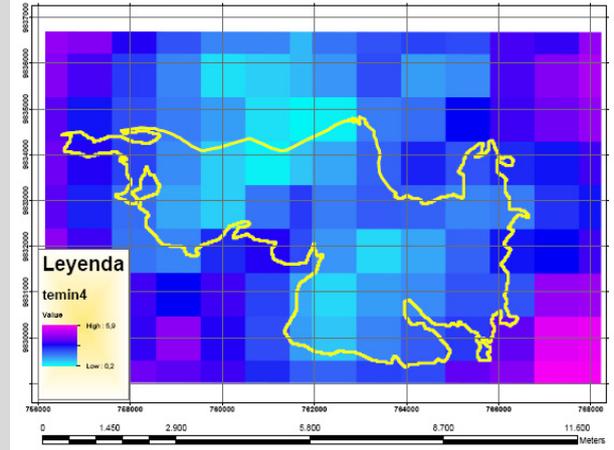
TEMPERATURA MINIMA FEBRERO



TEMPERATURA MINIMA MARZO

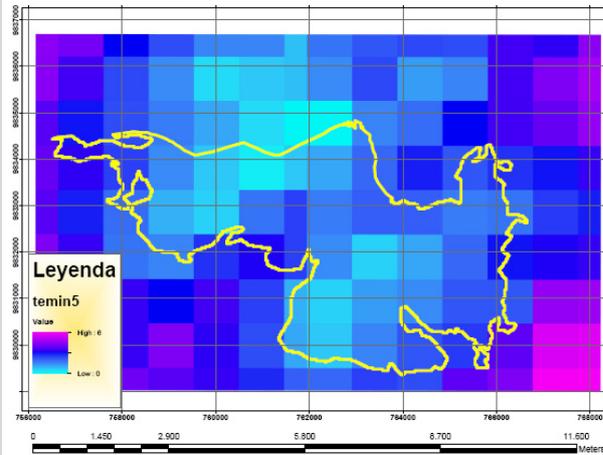


TEMPERATURA MINIMA ABRIL

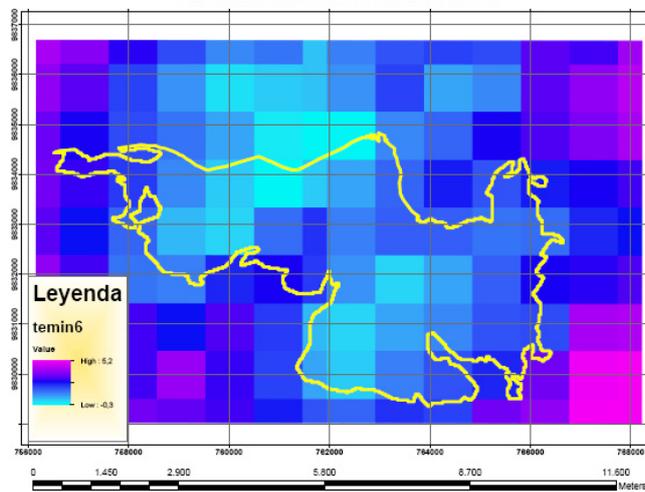


CONTINUA

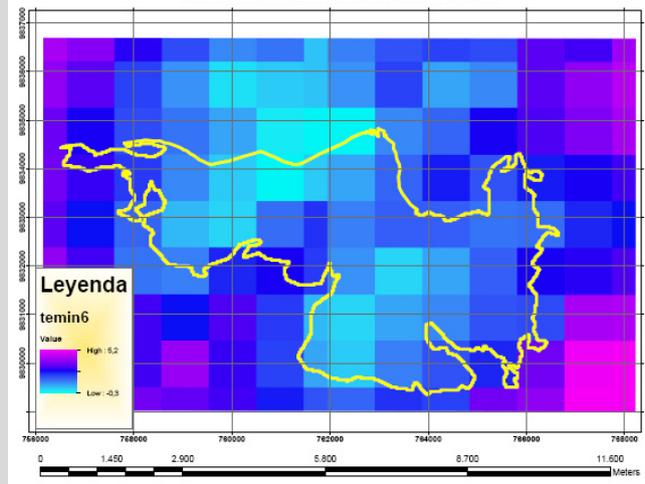
TEMPERATURA MINIMA MAYO



TEMPERATURA MINIMA JUNIO

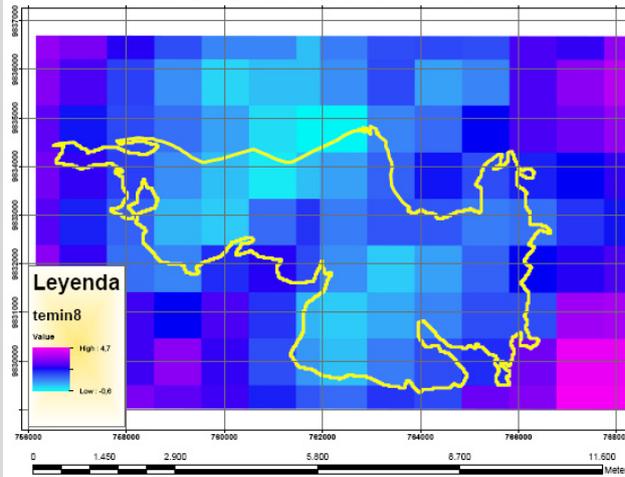


TEMPERATURA MINIMA JUNIO

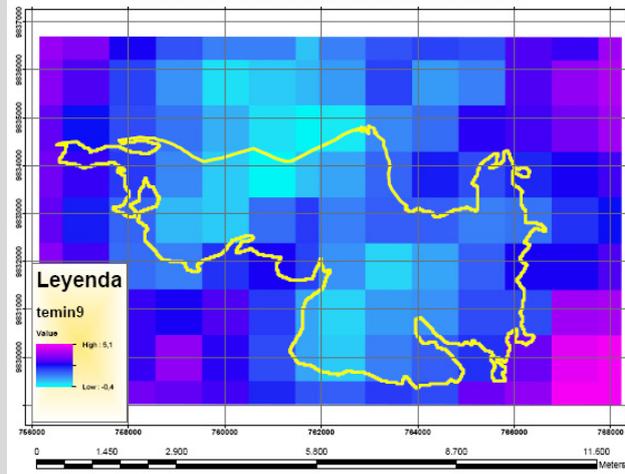


CONTINUA

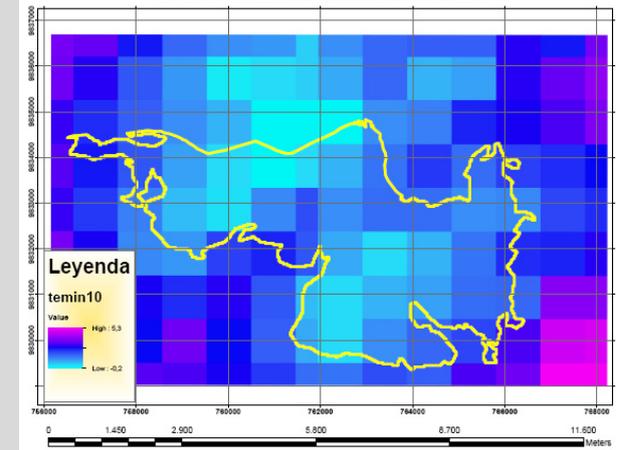
TEMPERATURA MINIMA AGOSTO



TEMPERATURA MINIMA SEPTIEMBRE



TEMPERATURA MINIMA OCTUBRE



CONTINUA

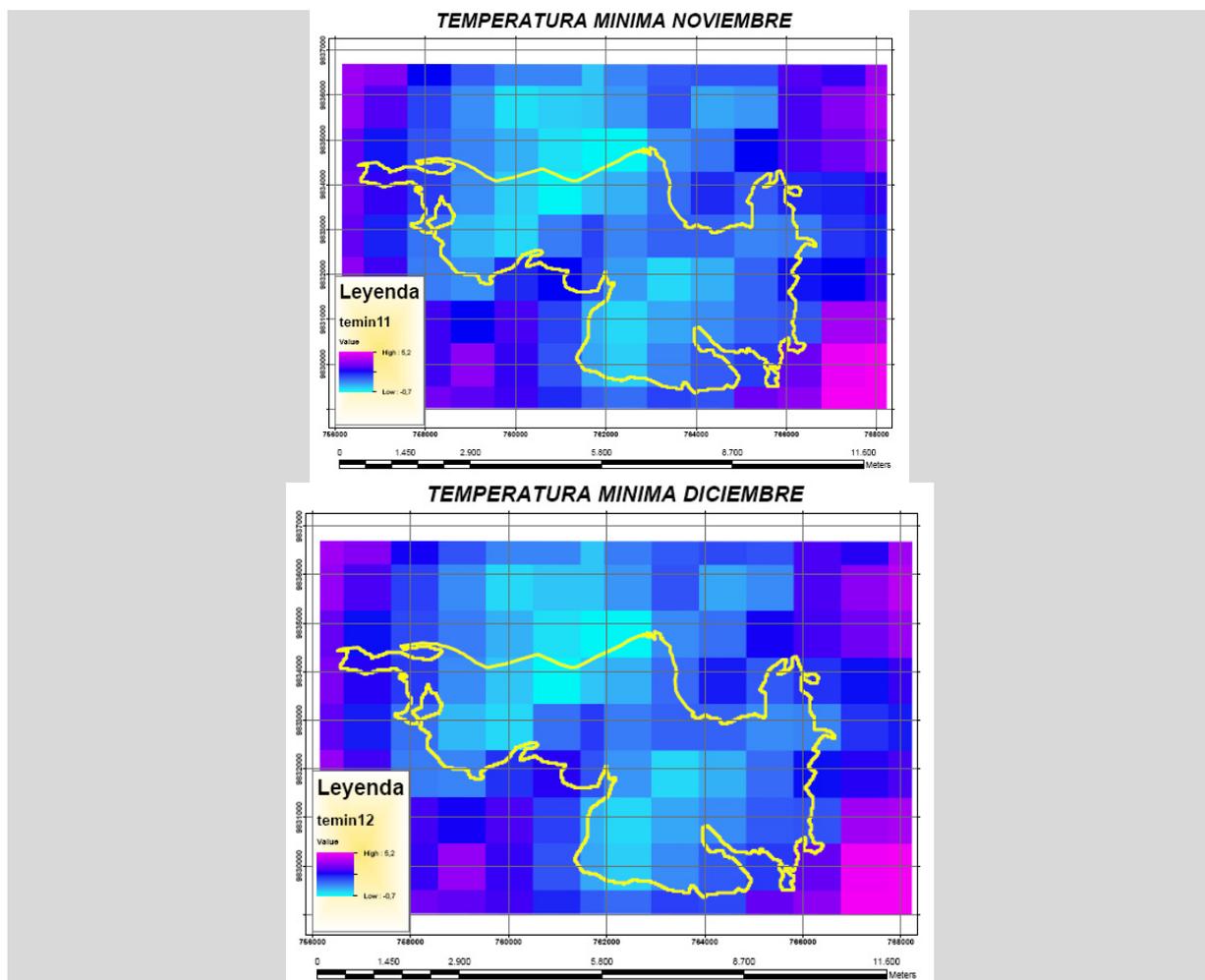


Figura 8 Temperatura mínima mensual (Enero-Diciembre)

Nota: Elaborado: Carlos Rosero E. Fuente: MAE 2012. La presente Figura está establecida en base al Mapa Bioclimático para el Ecuador Continental y analizado a nivel Local

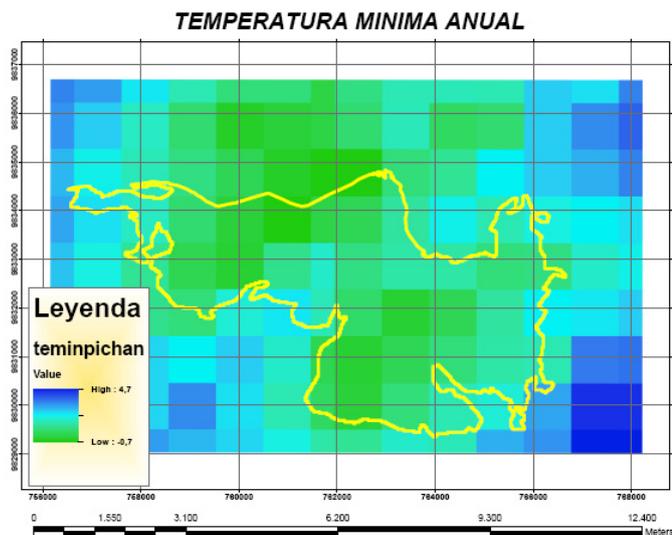
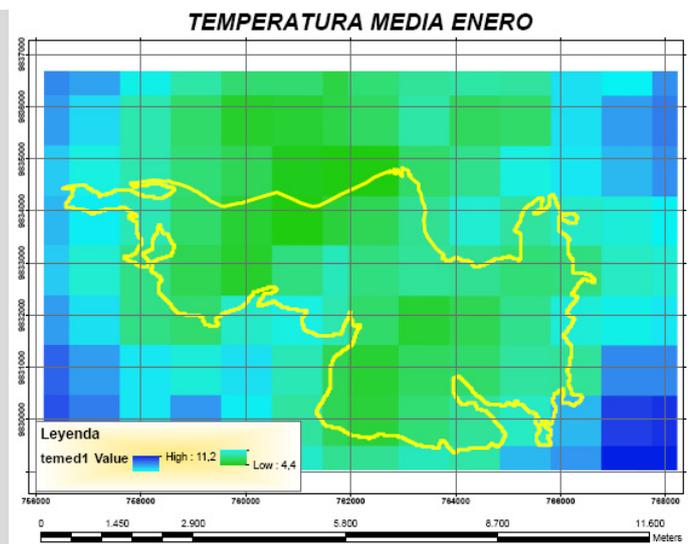


Figura 9 Temperatura mínima anual

Nota: Elaborado: Carlos Rosero E. Fuente MAE 2012. La presente Figura está establecida en base al Mapa Bioclimático para el Ecuador Continental y analizado a nivel Local

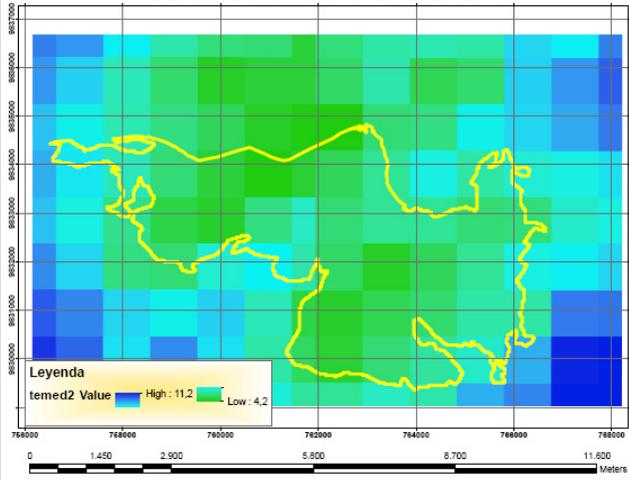
5.1.2.4 Temperatura media mensual

A continuación se detalla la temperatura media mensual correspondientes a los meses de Enero a Diciembre, de igual manera como la temperatura mínima y máxima estos valores pertenecen al modelo bioclimático para el Ecuador Continental el cual está estructurado a partir de información del worldclim.

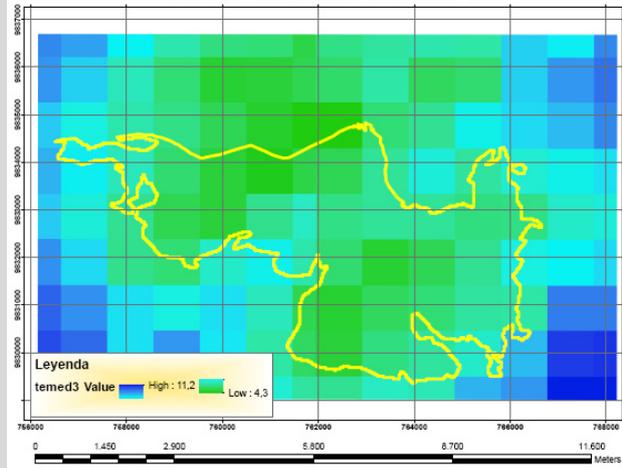


CONTINUA

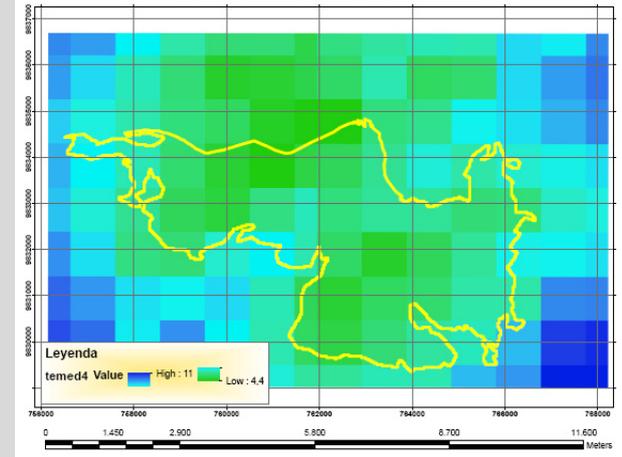
TEMPERATURA MEDIA FEBRERO



TEMPERATURA MEDIA MARZO

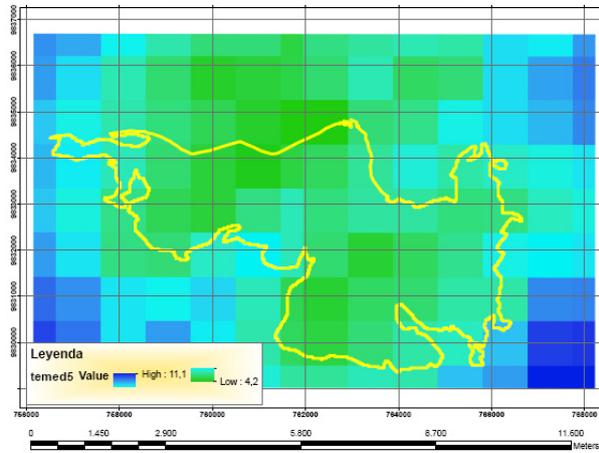


TEMPERATURA MEDIA ABRIL

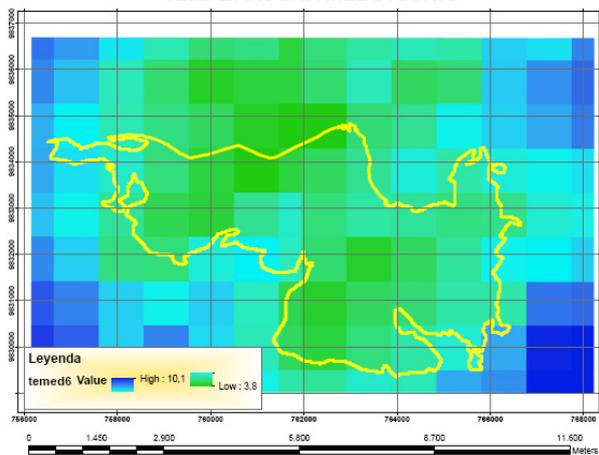


CONTINUA

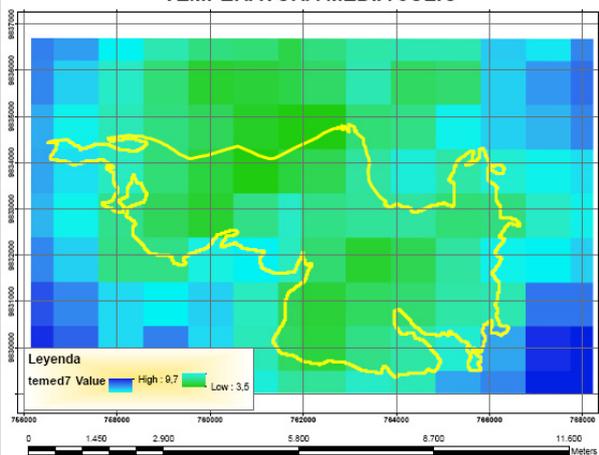
TEMPERATURA MEDIA MAYO



TEMPERATURA MEDIA JUNIO

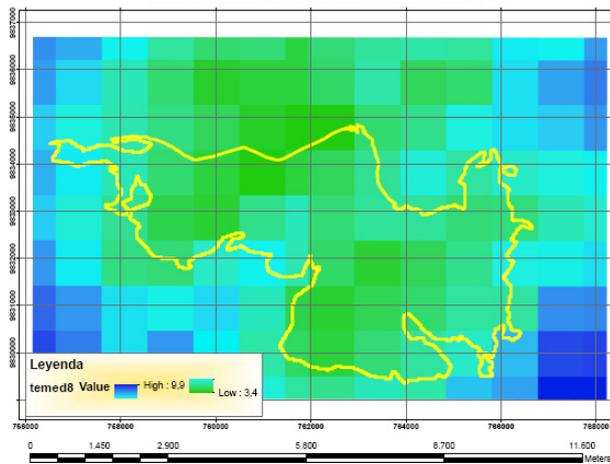


TEMPERATURA MEDIA JULIO

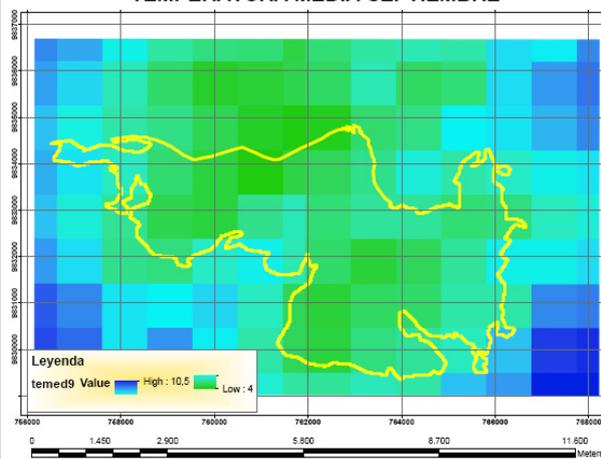


CONTINUA

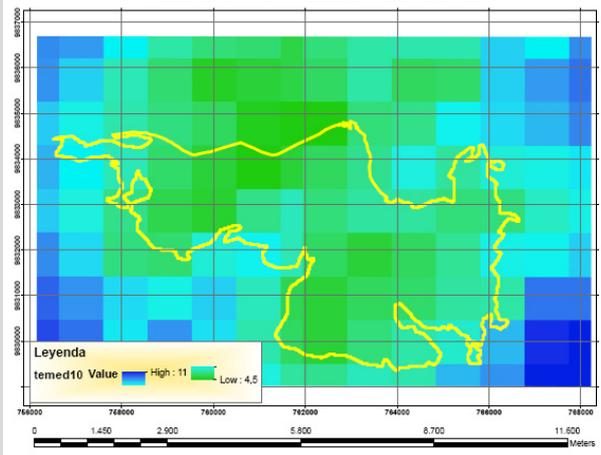
TEMPERATURA MEDIA AGOSTO



TEMPERATURA MEDIA SEPTIEMBRE



TEMPERATURA MEDIA OCTUBRE



CONTINUA

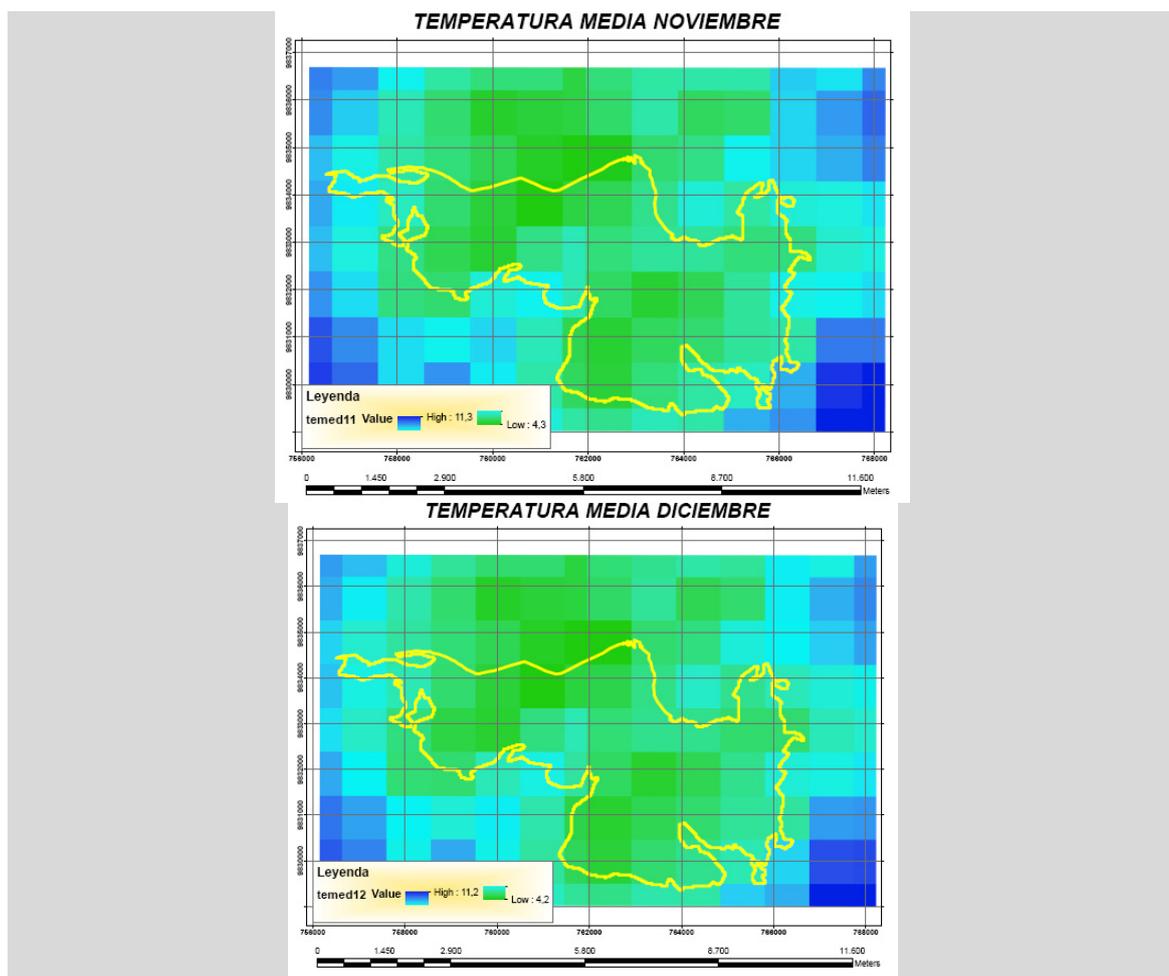


Figura 10 Temperatura media mensual (Enero-Diciembre)

Nota: Elaborado: Carlos Rosero E. MAE-INAMHI 2012. La presente Figura está establecida en base al Mapa Bioclimático para el Ecuador Continental y analizado a nivel Local

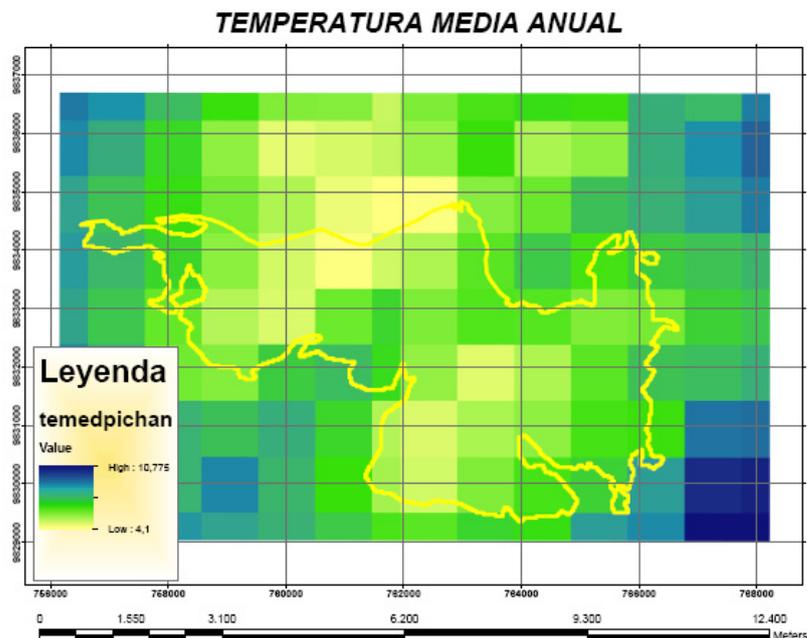


Figura 11 Temperatura media anual

Nota: Elaborado: Carlos Rosero E. Fuente: MAE-INAMHI 2012. La presente Figura está establecida en base al Mapa Bioclimático para el Ecuador Continental y analizado a nivel Local

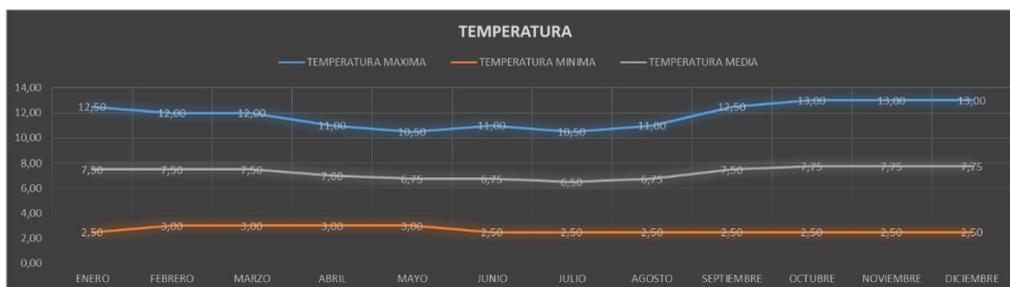


Gráfico 4 Temperatura actual (Máxima, Mínima y Media)

Nota: Elaborado: Carlos Rosero E.

Con respecto a la temperatura actual de acuerdo al estudio bioclimático para el Ecuador Continental realizado por el Ministerio del Ambiente e INAMHI 2012, detallada en las Figuras de Temperatura máxima, mínima y media, se puede observar en lo que respecta al periodo de 1971-2000 en la zona de estudio la variación de temperatura media se mantiene desde 2.5 grados Celsius hasta los 12.5 grados Celsius.

5.1.3 Análisis exploratorio de los datos

En lo que respecta al análisis exploratorio de los datos, se logra detallar a continuación el proceso de análisis y verificación de los datos para la variable de precipitación en las estaciones meteorológicas cercanas. Con esto se logra detallar y validar de mejor manera los datos de precipitación presente, establecer tendencias y sobre todo identificar en el tiempo características de sequía o humedad para la zona en estudio.

5.1.3.1 Estaciones cercanas

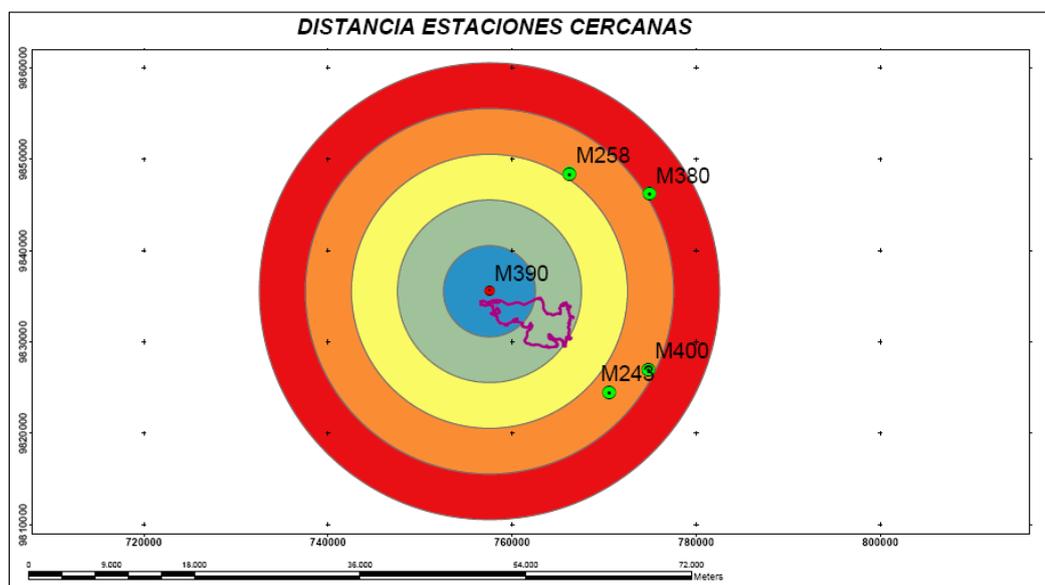


Figura 12 Distancia de estaciones meteorológicas

Nota: Elaborado: Carlos Rosero E. Fuente: INAMHI-MAE. La presente Figura es elaborada mediante la herramienta Buffer dentro del paquete informático ArcMap 10.1. Se presenta vectores circundantes a la zona de estudio equivalentes a 20 kilómetros a la redonda.

Según la Figura 12, se identificaron 4 estaciones meteorológicas cercanas en relación al área de estudio y la estación meteorológica M390. Mediante el análisis cartográfico por medio de la herramienta de Arcgis (SIG) se utilizó la función Buffer donde se forman círculos continuos equivalentes a 20 Kilómetros, de esta manera se determinó distancias. Por consiguiente se examinó los datos existentes en cada una de las estaciones mediante un análisis exploratorio de los datos, del cual se obtuvieron los siguientes resultados presentados en la Tabla 3.

Tabla 3*Vacíos y distancias para la estaciones más cercanas al área de estudio*

	M390 Urbina	M268	M400	M243	M380
TOTAL DATOS	592	592	592	592	592
VACIOS	202	276	364	426	51
PORCENTAJE DE VACIOS	34,12	46,62	61,49	71,96	8,61
distancia km	0	15,49	19,27	17,06	20,35

Nota: Elaborado: Carlos Rosero E. Fuente: INAMHI 2013. La presente Tabla establece los valores que serán utilizados para establecer el relleno de datos para la estación M390. Las columnas en color rojo no serán utilizadas debido a su alto porcentaje de vacíos.

La estación meteorológica más cercana a los datos de la zona ecológica de estudio es la estación concerniente a la M390 (Urbina), por lo que las estaciones M400 Y M243 son eliminadas debido al alto porcentaje de datos faltantes y la distancia con respecto a la zona en estudio.

Con el objetivo de realizar el relleno de la estación M390 (Urbina), se identificó la correlación existente entre las estaciones cercanas, por lo que la información perteneciente a las estaciones descritas no se encuentra altamente correlacionadas debido a la lejanía y los diferentes ecosistemas delimitados para cada una de ellas.

En la tabla 4 y gráfico 5 se puede observar la correlación y la dispersión que existe entre la estación M390, M268 y M380, la correlación más cercana a los datos de la estación en estudio es la M268. Es decir los datos a precipitación no se encuentran muy correlacionados entre las estaciones meteorológicas más cercanas, esto puede ser debido a los diferentes ecosistemas donde están ubicadas.

Tabla 4*Correlación de datos meteorológicos.*

	M390	M268	M380
M390	1		
M268	0,48486472	1	
M380	0,25967216	0,56092052	1

Nota: Elaborado: Carlos Rosero. Fuente: INAMHI. Valores cercanos a 1 tendrán alta correlación.

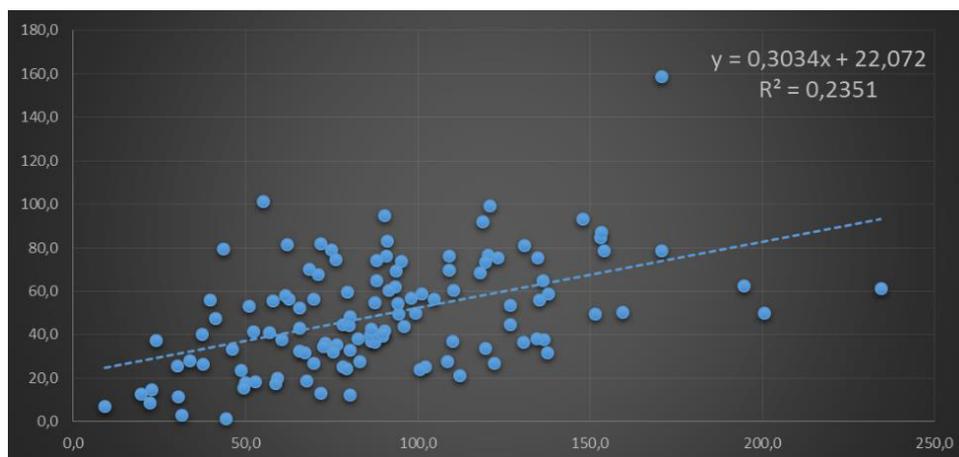


Gráfico 5 Dispersión de los datos entre la estación M390 y M268

Nota: Elaborado: Carlos Rosero. Fuente: INAMHI. Mediante el presente gráfico se observa la dispersión de los datos es decir se observa que tal alejadas de la media están los datos en relación entre las estaciones más correlacionadas (M390 y M268).

5.1.3.2 Estimación de datos faltantes

Para lo concerniente al relleno se aplicaron 5 ecuaciones (Regresión Lineal Simple RLS, Razón Distancia RD, Promedio Estación Vecina PEV, Ecuación Razón Promedio ERP, Ecuación de Correlación ECC) para determinar cuál de ellas se asemeja a los datos de la estación M390,. Esto permite estimarlos datos faltantes para la estación M390. Los resultados observados en la Tabla 5 indican una baja correlación con la estación M390, por lo que la estimación de los datos faltantes por medio de estas ecuaciones no es procedente.

Tabla 5

Correlación para las ecuaciones de simulación de datos faltantes para la estación M390

	Original	Simula M390 RLS	Simulado M390 RD	SIMULADO M390 PEV	Simulado M390 ERP	Simulado M390 ECC
Original	1					
Simula M390 RLS	0,33	1				
Simulado M390 RD	0,22	0,84	1			
SIMULADO M390 PEV	0,29	0,80	0,93	1		
Simulado M390 ERP	0,22	0,86	1,00	0,93	1	
Simulado M390 ECC	0,240	0,888	0,996	0,931	0,998	1

Nota: Elaborado: Carlos Rosero E. Como se detalla en la metodología para el presente documento se estableció los resultados en base a la aplicación de fórmulas para cada una de las ecuaciones planteadas.

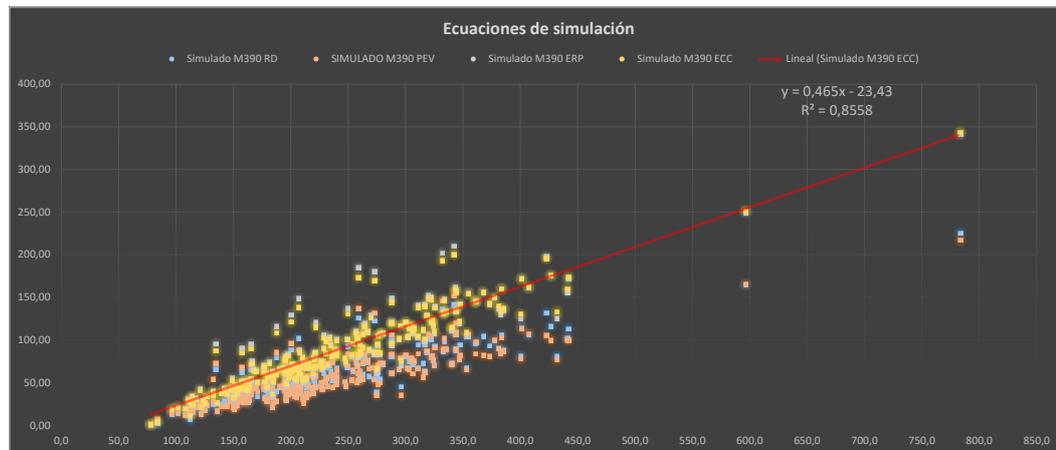


Gráfico 6 Dispersión para las ecuaciones de relleno

Nota: Elaborado: Carlos Rosero E. Se establece una dispersión de los datos en base a las ecuaciones establecidas.

5.1.3.3 Algoritmo de Simulación EM

A partir de los cálculos de simulación de datos faltantes no correlacionados, se procede a utilizar un Algoritmo de simulación para la estación meteorológica M390, el cual es un algoritmo de (Esperanza-Maximización) y sirve para encontrar estimadores de máxima verosimilitud. Por lo que se determinó el siguiente gráfico.

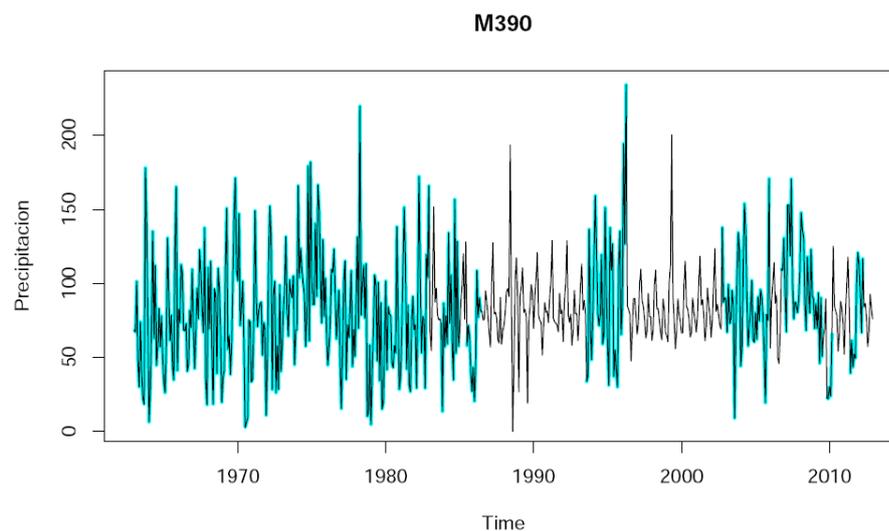


Gráfico 7 Relleno simulado para la estación M390

Nota: Elaborado: Logaritmo EM. El presente Gráfico se establece mediante la aplicación de fórmulas establecidas por el Logaritmo EM.

En el Gráfico 7 se puede observar como es el comportamiento de los datos de precipitación en base al cálculo mediante el Algoritmo EM, se identifica con una raya negra los datos simulados por el software y la línea de color son los datos donde sí se contaba con datos.

A continuación se detalla la línea de tendencia que siguen los datos de precipitación observados y simulados para la estación M390 (Urbina), se logra determinar que tiene una tendencia creciente.

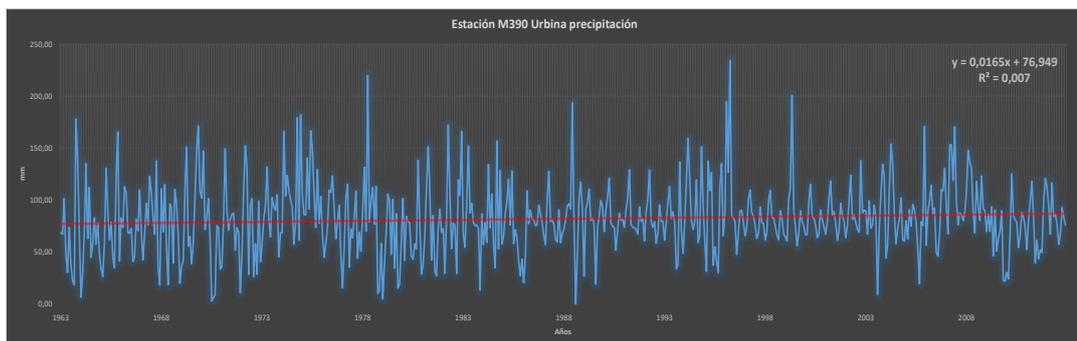


Gráfico 8 Tendencia para la precipitación en la estación M390

Nota Elaborado: Carlos Rosero E. Mediante los datos establecidos por el relleno anteriormente especificado se observa la línea de tendencia.

En 49 años se logra determinar una tendencia de crecimiento en las precipitaciones medias. Este dato se aceptará o no al momento de relacionarlo con el modelo climático TL959.

5.1.3.4 Índice estandarizado de Sequía Pluviométrica

En el gráfico 9 SPI (índice estandarizado de Precipitación), se pueden apreciar periodos de sequía concernientes a: Mayo 1968- Noviembre 1969, Julio 1970- Noviembre 1974, Noviembre 1979-Marzo 1996. El periodo más largo fue entre Noviembre del año 1979 a Marzo de 1996, con variables que van de Ligeramente seco a Muy seco. Cabe señalar que no existen periodos o datos referentes a Extremadamente seco.

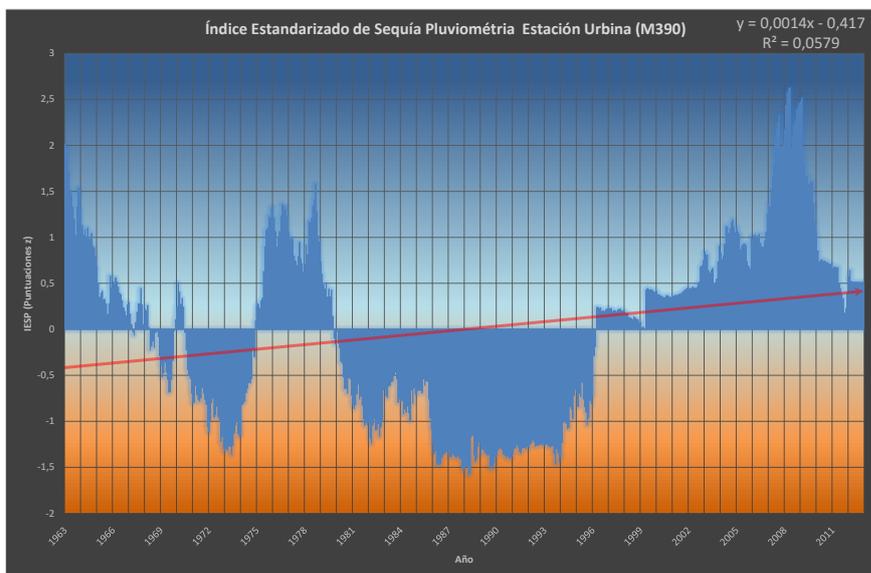


Gráfico 9 Índice estandarizado de precipitación Estación Urbina (M390)

Nota: Elaborado: Carlos Rosero Erazo.

A partir del análisis de la estación meteorológica Urbina, se determinó que el Índice estandarizado de Precipitación (SPI) indica una humedad extrema para 3,17% del tiempo (periodo), Muy húmeda para el 3,50% del tiempo, Humedad moderada para el 9,83%, Humedad ligera para el 38% del tiempo, Sequía ligera para el 23% del tiempo, sequía moderada para el 21% del tiempo y por ultimo un ambiente muy seco para el 1,33% del tiempo.

Tabla 6

Índice estandarizado de Precipitaciones, Frecuencias en el periodo.

Categorías de SPI	Categoría SPI	Numero de veces en 50 años (meses)	frecuencias porcentaje	Número de veces en 50 Años (años)
Extremadamente Húmedo	>2,00	19	3,17	1,58
Muy Húmedo	1,50 a 1,99	21	3,50	1,75
Moderadamente Húmedo	1,00 a 1,49	59	9,83	4,92
Ligeramente Húmedo	0,00 a 0,99	229	38,17	19,08
ligeramente seco	0,00 a -0,99	138	23,00	11,50
Moderadamente seco	-1,00 y -1,49	126	21,00	10,50
Muy Seco	-1,50 y -1,99	8	1,33	0,67
		600	100	50,00

Nota: Elaborado: Carlos Rosero E. Fuente: Doesken, Nolan; Tom McKee y Juan Kleinst Centro del Clima. Estados Unidos, 1993.

5.1.3.5 Temporalidad para la estación M390

La temporalidad de un conjunto de datos nos brinda un análisis de comportamiento de los mismos con respecto a la media de un tiempo determinado, es decir se observan datos que estarían fuera de una normal. De esta manera se observa en el gráfico 10 y

tabla 7 un comportamiento de los datos casi normal en la distribución de las precipitaciones al cabo de un año, siendo el dato para cada mes un promedio dentro del periodo equivalente a 49 años, entonces se tiene que; 6 meses del año presentan concentraciones de precipitación mayores, es decir en los meses de Marzo, Abril, Mayo, Junio, Octubre y Noviembre como se observa de color azul en la columna de temporalidad. Los valores que están por debajo de uno serán valores que están debajo de la normal (promedio anual) y los valores que están por encima de uno son valores que equivalen a precipitaciones mayores a la normal (promedio anual).

De esta manera se establece en el Gráfico 10, Tabla 7 un periodo de 6.9 meses de precipitaciones mayores, por lo que se interpreta como un valor por encima de la normal. La utilidad de este valor es esencialmente para determinar la duración (meses) de las precipitaciones basadas en la intensidad al cabo de un año es decir una relación entre intensidad (precipitación) y tiempo (mes).

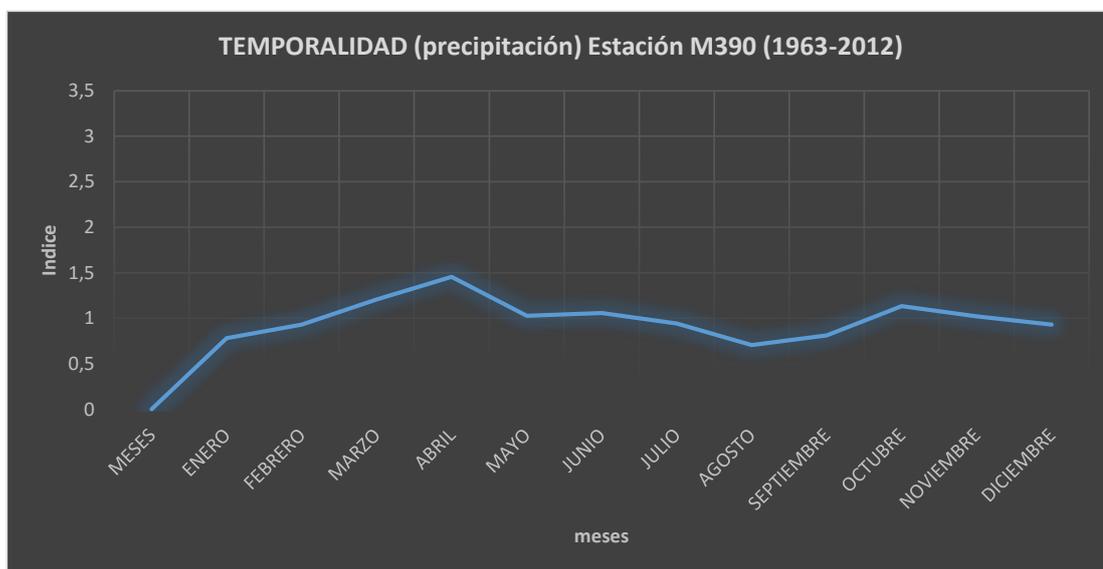


Gráfico 10 Temporalidad para precipitación de la estación del M390

Nota: Elaborado: Carlos Rosero E.

Tabla 7*Índice de temporalidad de precipitación para la estación meteorológica M390*

PÁRAMO PICHAN (TEMPORALIDAD DE PRECIPITACIÓN) ESTACIÓN M390 1963-2012			
MESES	PRESENTE	PORCENTAJE PRESENTE VALOR MEDIO	TEMPORALIDAD
ENERO	64,1	6,52	0,78
FEBRERO	76,2	7,76	0,93
MARZO	98,8	10,05	1,21
ABRIL	119,1	12,12	1,45
MAYO	84,2	8,57	1,03
JUNIO	86,5	8,81	1,06
JULIO	77,1	7,85	0,94
AGOSTO	57,8	5,88	0,71
SEPTIEMBRE	66,6	6,77	0,81
OCTUBRE	92,7	9,43	1,13
NOVIEMBRE	83,6	8,50	1,02
DICIEMBRE	76,1	7,74	0,93
PROMEDIO ANUAL	81,90	100,00	12,00
SUMATORIA DE LOS VALORES	982,85		

Nota: Elaborado: Carlos Rosero E. La temporalidad en este caso puede ser interpretada como una estacionalidad entre época lluviosa y una época relativamente seca.

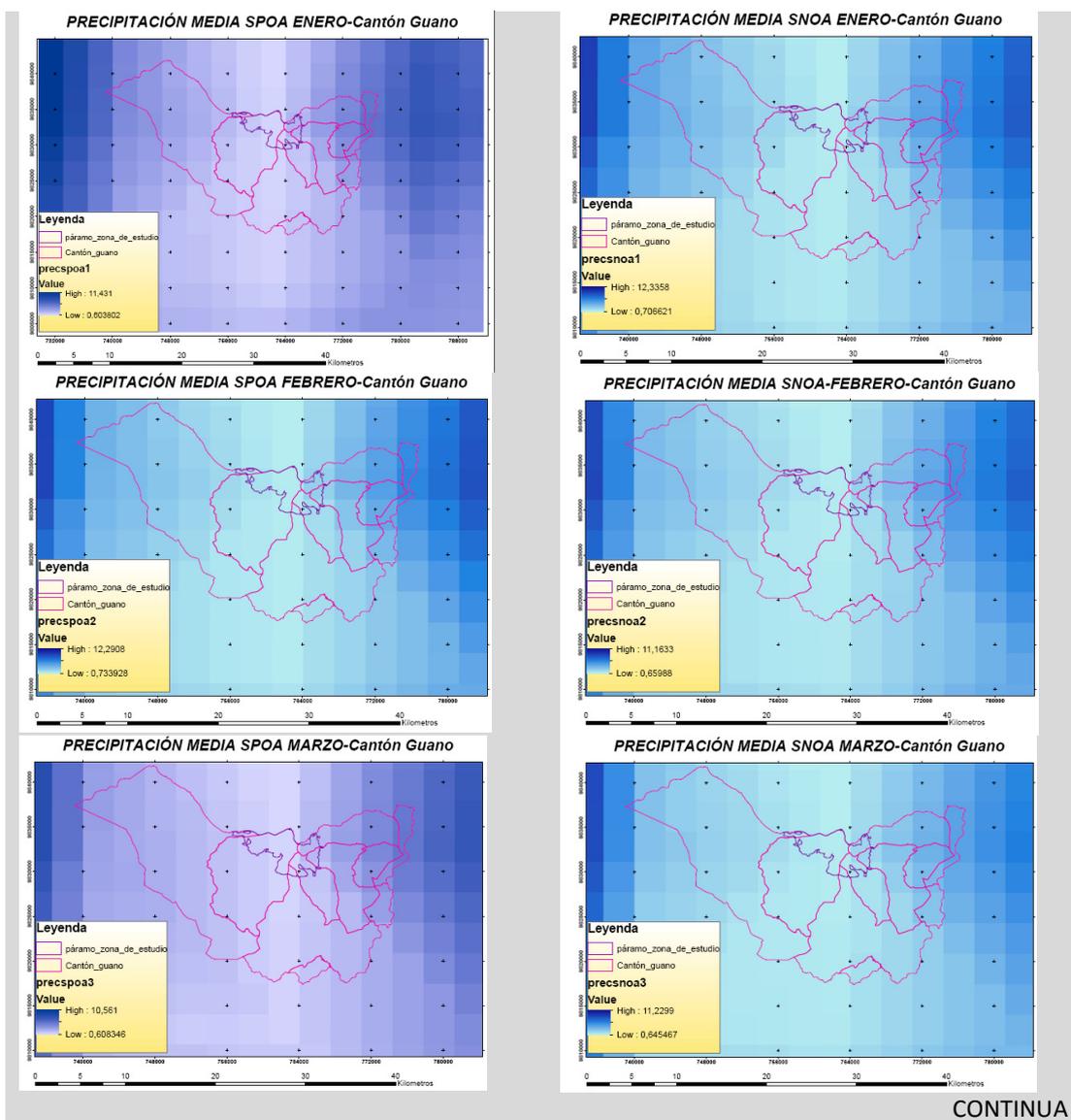
5.1.4 Análisis de las proyecciones climáticas Futuras.

En un esfuerzo realizado por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología en conjunto con el Ministerio del Ambiente, se utilizó un modelo climático para el Ecuador Continental llamado TL959 o modelo climático Japonés elaborado por la Agencia de Meteorología de Japón (JMA). Este modelo está ejecutado en un escenario A1B (Escenario climático a futuro donde el consumo energético es equilibrado), y utiliza 3 conjuntos de datos para su análisis (CRU, INAMHI, TL959). Las siglas utilizadas a continuación hacen referencia a SPOA: Para datos del presente y SNOA: Para datos del futuro cercano.

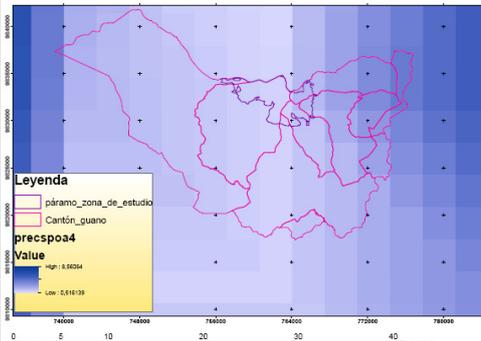
5.1.4.1 Precipitación

La grilla que utiliza el modelo Climático TL959 es de 20 Kilómetros, debido a este parámetro se determinó un área de estudio mucho mayor a la zona de estudio, por lo que se analizaron los datos concernientes a nivel cantonal. A continuación se determinan los datos y mapas de precipitación para la zona donde se utilizan las siglas SPOA para mencionar el periodo de control o presente (1979-2000) y SNOA para mencionar el futuro cercano concerniente al periodo de (2015-2039). En las Figuras detalladas dentro de la Figura 13 se observan en el lado izquierdo las precipitaciones

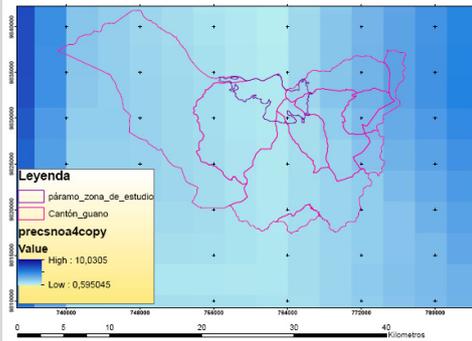
medias mensuales para el Presente y en las figuras del lado derecho las precipitaciones medias mensuales para el futuro cercano.



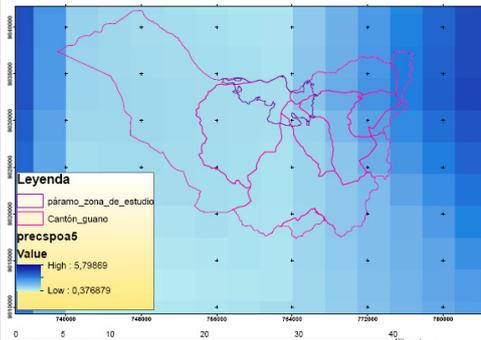
PRECIPITACIÓN MEDIA SPOA ABRIL-Cantón Guano



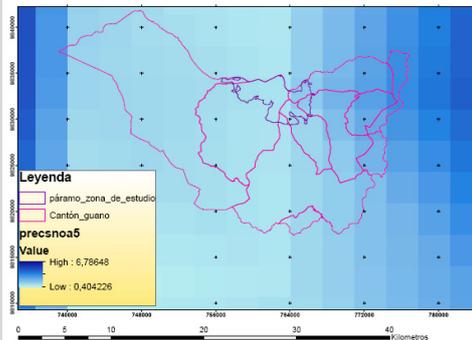
PRECIPITACIÓN MEDIA SNOA-ABRIL-Cantón Guano



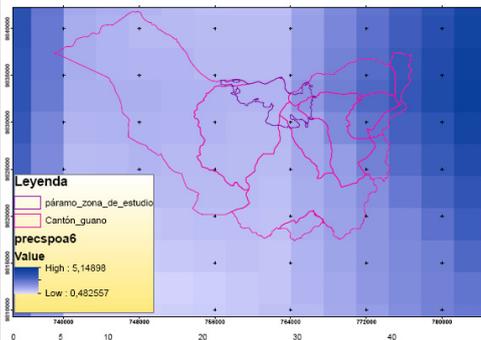
PRECIPITACIÓN MEDIA SPOA MAYO-Cantón Guano



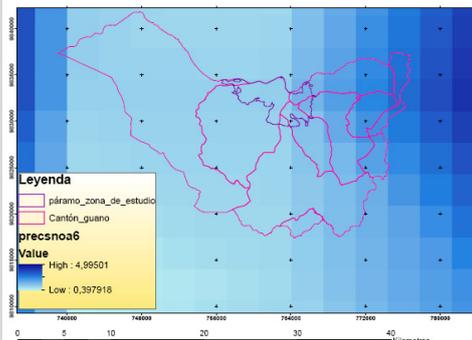
PRECIPITACIÓN MEDIA SNOA MAYO-Cantón Guano



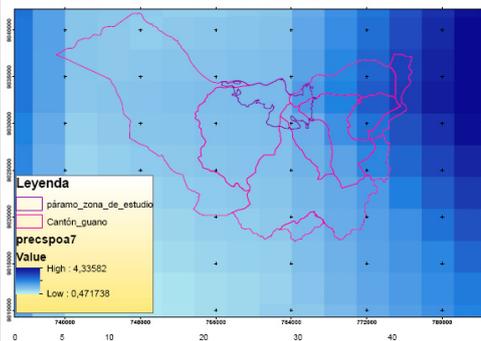
PRECIPITACIÓN MEDIA SPOA JUNIO-Cantón Guano



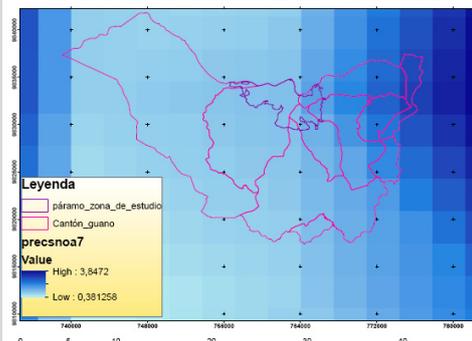
PRECIPITACIÓN MEDIA SNOA JUNIO-Cantón Guano



PRECIPITACIÓN MEDIA SPOA JULIO-Cantón Guano

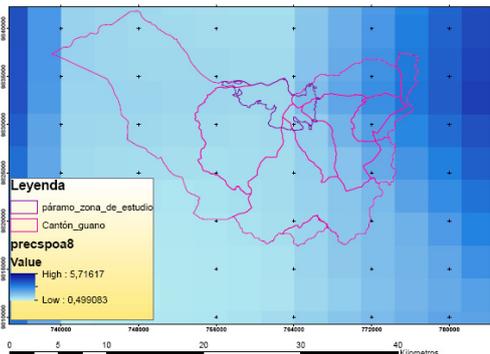


PRECIPITACIÓN MEDIA SNOA JULIO-Cantón Guano

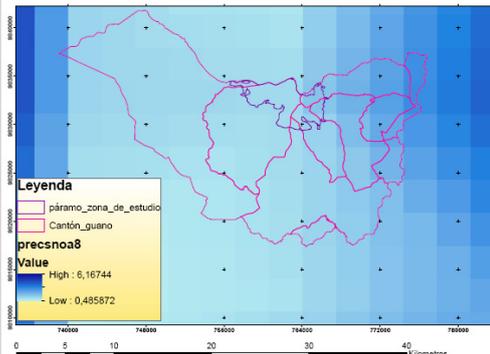


CONTINUA

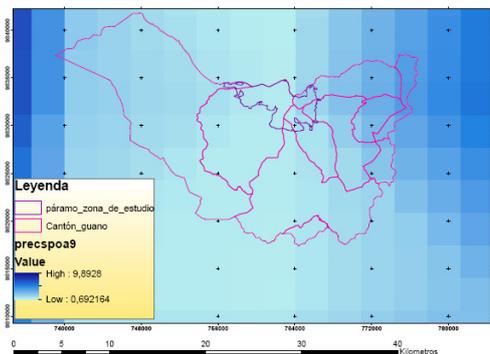
PRECIPITACIÓN MEDIA SPOA AGOSTO-Cantón Guano



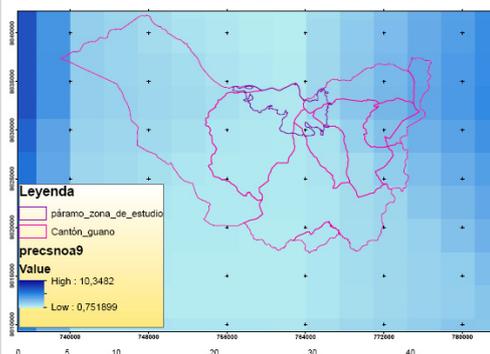
PRECIPITACIÓN MEDIA SNOA AGOSTO-Cantón Guano



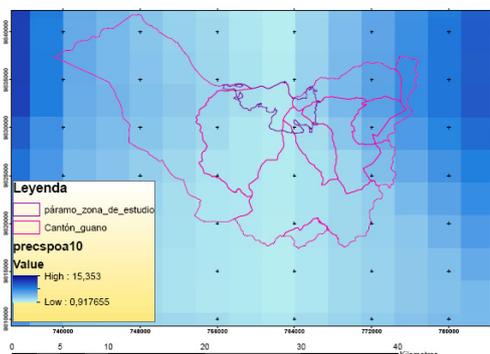
PRECIPITACIÓN MEDIA SPOA SEPTIEMBRE-Cantón Guano



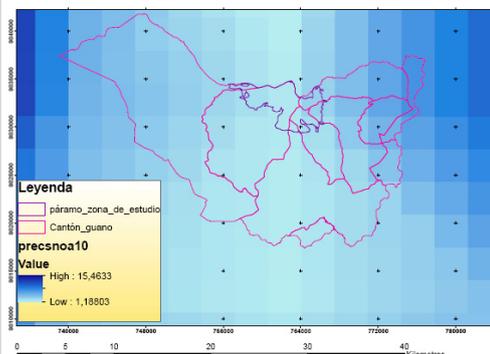
PRECIPITACIÓN MEDIA SNOA SEPTIEMBRE-Cantón Guano



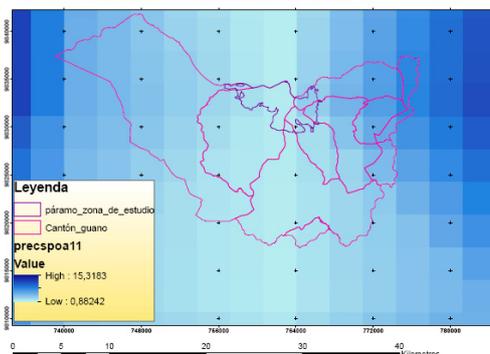
PRECIPITACIÓN MEDIA SPOA OCTUBRE-Cantón Guano



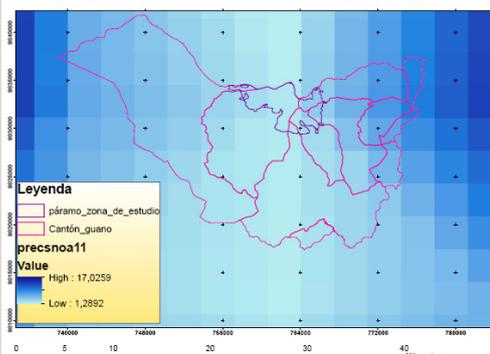
PRECIPITACIÓN MEDIA SNOA-OCTUBRE-Cantón Guano



PRECIPITACIÓN MEDIA SPOA NOVIEMBRE-Cantón Guano



PRECIPITACIÓN MEDIA SNOA NOVIEMBRE-Cantón Guano



CONTINUA

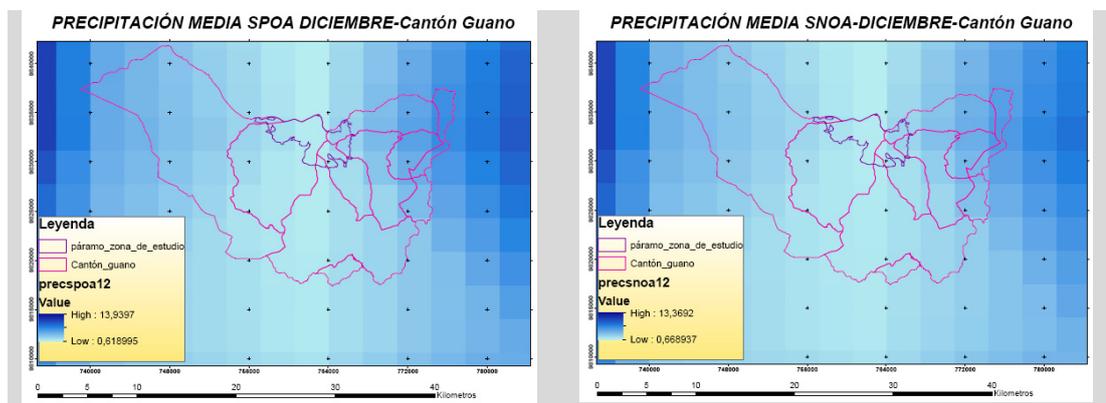
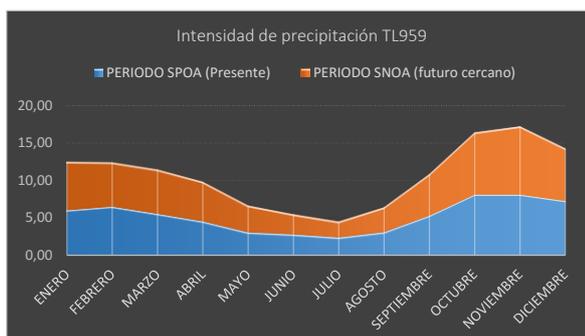


Figura 13 Precipitación media modelo Climático TL959

Nota: Elaborado: Carlos Rosero E. Fuente: INAMHI-MAE. La presente Figura está establecida en base al Modelo TL959 Japonés detallado para el Ecuador Continental y analizado a nivel Local. SPOA: valores para el presente (1979-2000) y SNOA valores para el Futuro Cercano (2015-2039).

En torno a las figuras detalladas se determina el siguiente gráfico de distribución de las precipitaciones medias mensuales



SNOA-SPOA 0,22

Gráfico 11 Intensidad de Precipitación Mensual mm/día TL959

Nota: Fuente: Elaborado: Carlos Rosero E. INAMHI-MAE

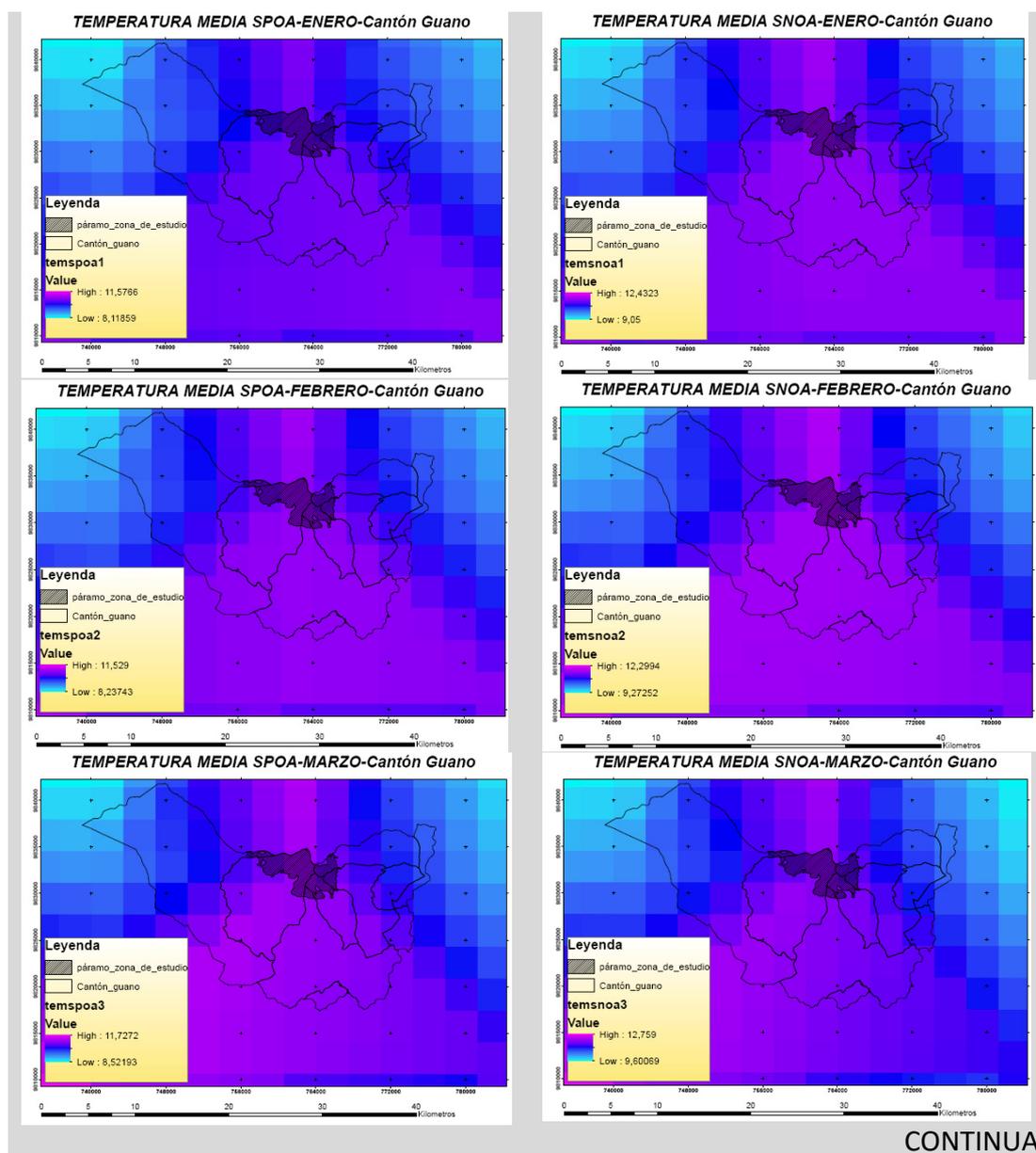
Con lo que respecta a la precipitación el modelo Climático TL959 se determina un aumento en la intensidad de precipitación para el periodo de 2015 al 2039 de 0.22mm/día, este dato es corroborado con la tendencia identificada en la precipitación mencionada en la estación meteorológica Urbina.

5.1.4.2 Temperatura

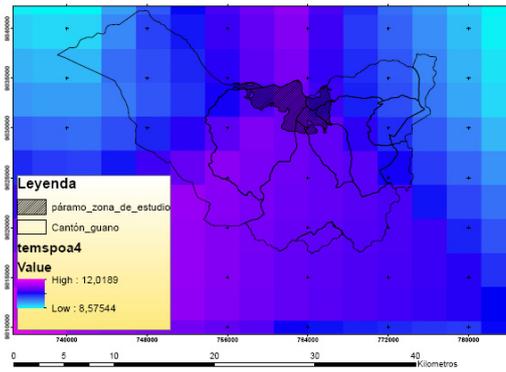
La grilla que utiliza el modelo Climático TL959 es de 20 kilómetros, debido a este parámetro se determinó un área de estudio mucho mayor a la zona de estudio, por lo que se analizaron los datos concernientes a nivel cantonal. A continuación se determinan los datos y mapas de temperatura para la zona donde se utilizan las siglas

SPOA para mencionar el periodo de control o presente (1979-2002) y SNOA para mencionar el futuro cercano concerniente al periodo de (2015-2039).

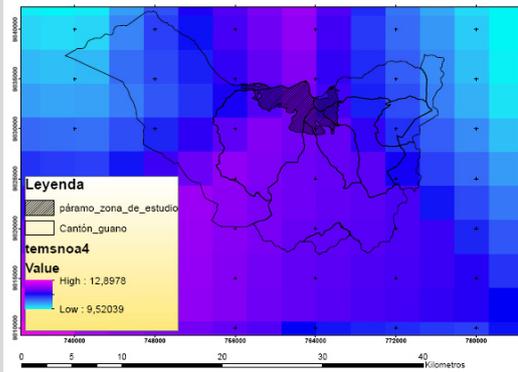
En las Figuras detalladas dentro de la Figura 14 se observan en el lado izquierdo las temperaturas medias mensuales para el Presente y en las figuras del lado derecho las temperaturas medias mensuales para el futuro cercano.



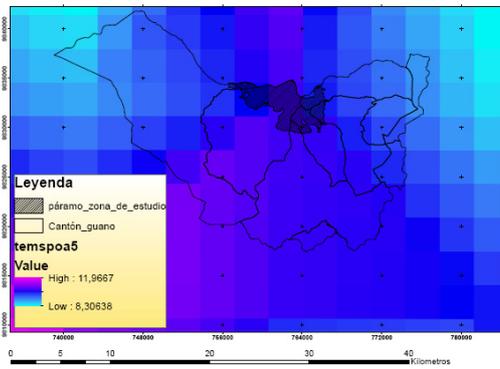
TEMPERATURA MEDIA SPOA-ABRIL-Cantón Guano



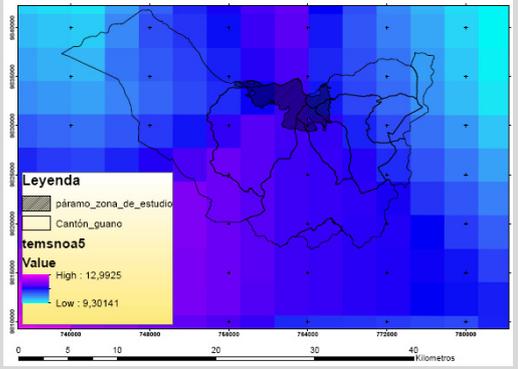
TEMPERATURA MEDIA SNOA-ABRIL-Cantón Guano



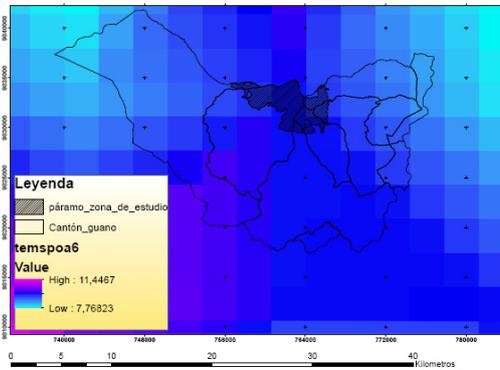
TEMPERATURA MEDIA SPOA-MAYO-Cantón Guano



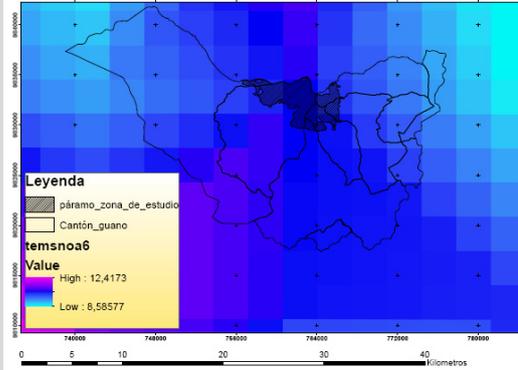
TEMPERATURA MEDIA SNOA-MAYO-Cantón Guano



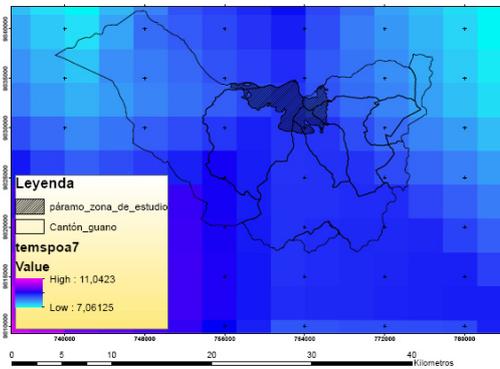
TEMPERATURA MEDIA SPOA-JUNIO-Cantón Guano



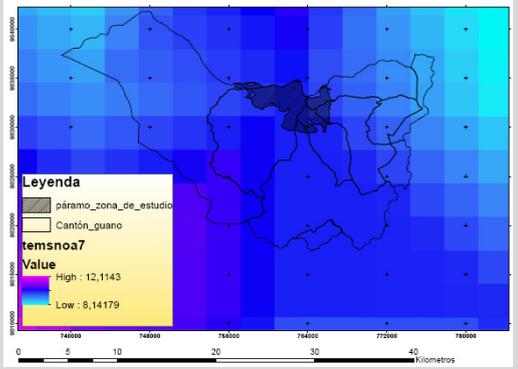
TEMPERATURA MEDIA SNOA-JUNIO-Cantón Guano



TEMPERATURA MEDIA SPOA-JULIO-Cantón Guano

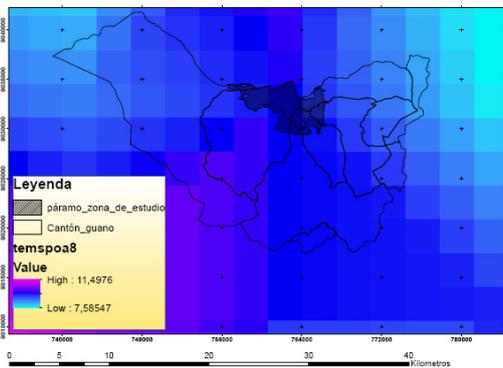


TEMPERATURA MEDIA SNOA-JULIO-Cantón Guano

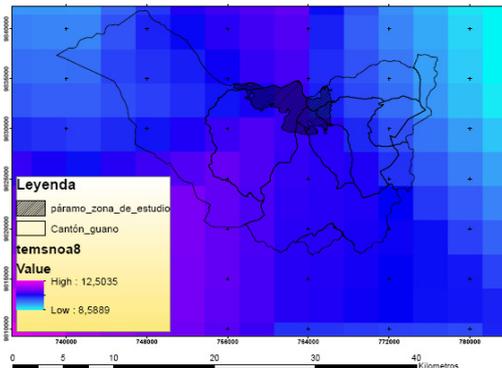


CONTINUA

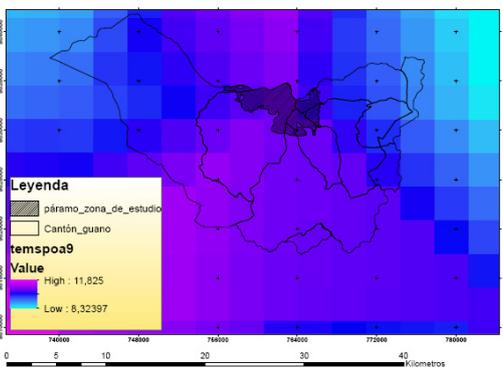
TEMPERATURA MEDIA SPOA-AGOSTO-Cantón Guano



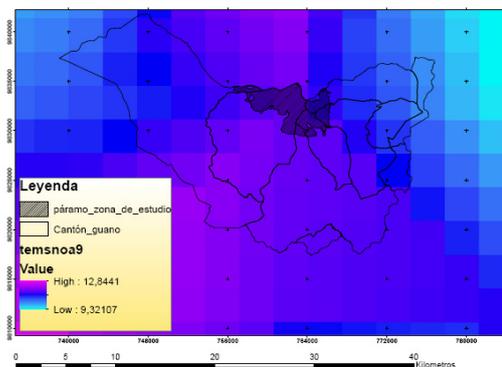
TEMPERATURA MEDIA SNOA-AGOSTO-Cantón Guano



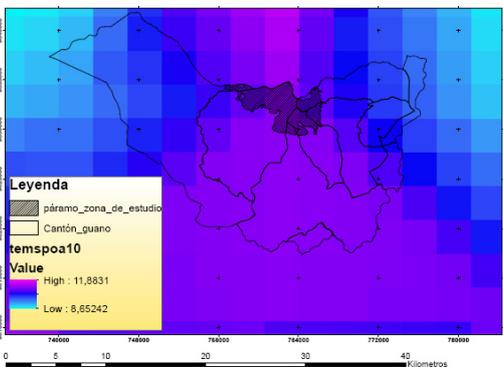
TEMPERATURA MEDIA SPOA-SEPTIEMBRE-Cantón Guano



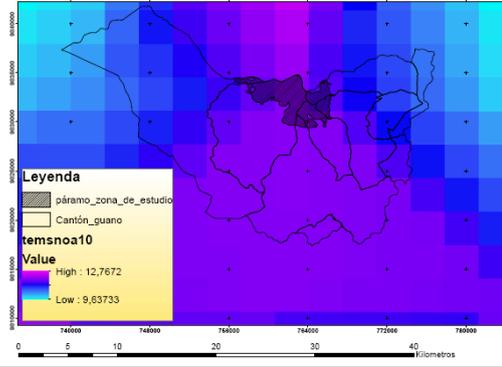
TEMPERATURA MEDIA SNOA-SEPTIEMBRE-Cantón Guano



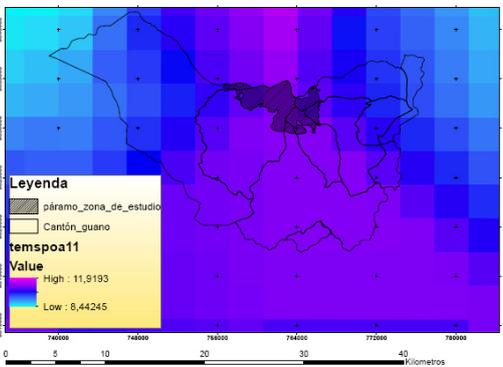
TEMPERATURA MEDIA SPOA-OCTUBRE-Cantón Guano



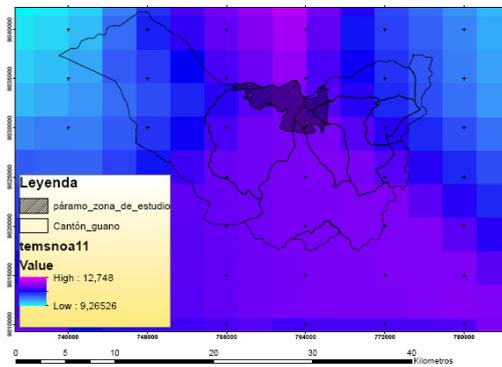
TEMPERATURA MEDIA SNOA-OCTUBRE-Cantón Guano



TEMPERATURA MEDIA SPOA-NOVIEMBRE-Cantón Guano



TEMPERATURA MEDIA SNOA-NOVIEMBRE-Cantón Guano



CONTINUA

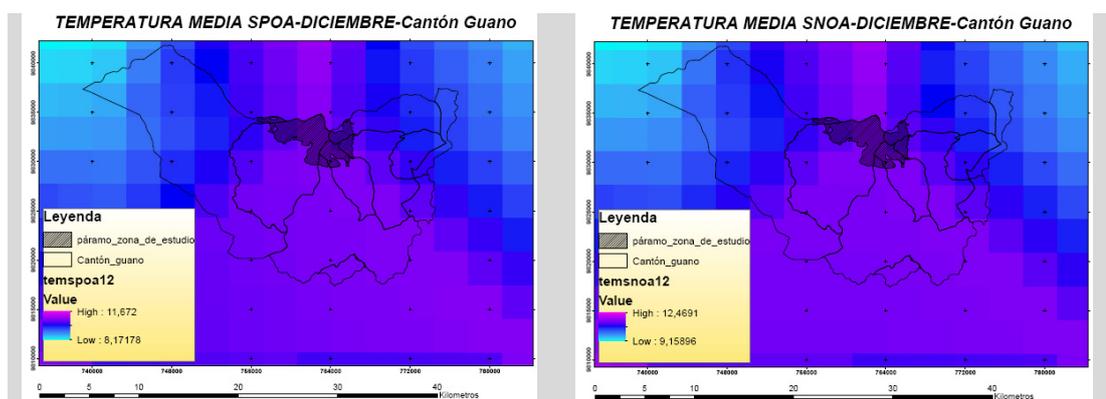


Figura 14 Temperatura media Modelo Climático TL959

Nota: Elaborado: Carlos Rosero E. Fuente: INAMHI-MAE. La presente Figura está establecida en base al Modelo TL959 Japonés detallado para el Ecuador Continental y analizado a nivel Local. SPOA: valores para el presente (1979-2000) y SNOA valores para el Futuro Cercano (2015-2039).

En torno a las figuras anteriormente detalladas se expresa el Gráfico 12 donde se puede observar la distribución de la temperatura para el presente y futuro cercano.

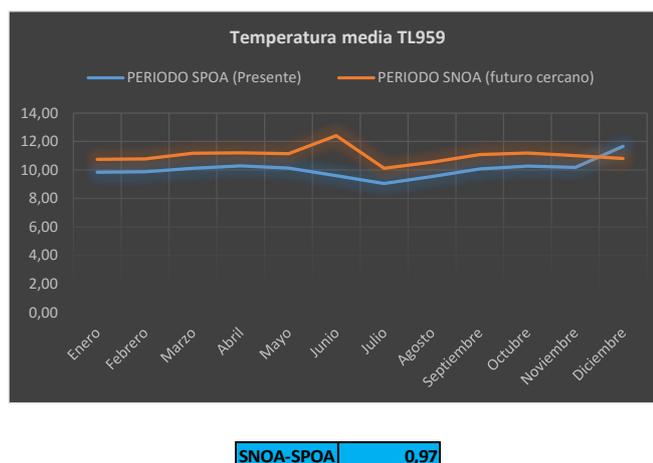


Gráfico 12 Temperatura media mensual Grados Celsius TL959

Nota: Fuente: Elaborado: Carlos Rosero E. INAMHI- MAE. El presente gráfico detalla los valores obtenidos en el análisis de los datos a nivel local del Modelo TL959.

En lo referente al Modelo Climático determinado para el Ecuador Continental, en la zona de estudio se identificó que en el periodo del 2015-2039 la temperatura media se incrementará 0,97 grados Celsius, esto constituye un importante dato a tomar en cuenta para futuras decisiones. Cabe mencionar que este modelo climático está desarrollado para un escenario climático A1B; Informe especial del Grupo de Trabajo III del IPCC 2000, el cual manifiesta: “un escenario equilibrado, es decir un uso de toda fuente de energía en forma equilibrada.”

5.1.5 Carbono orgánico

Según estudios realizados en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo 2012, donde se menciona la determinación del carbono orgánico en la biomasa y suelo de páramo en la Comunidad de Pichán-San Isidro, se obtuvo como resultado que existe mayor cantidad de Carbono Orgánico en la biomasa que en el suelo.

Los estudios concluyentes desde el año 2012 determinan los siguientes estratos; (pasto, pasto raíz, almohadilla, almohadilla raíz y suelo) donde la biomasa establecida por la almohadilla contiene más concentraciones de carbono. Además como se observa en los datos generales de la tabla 8, las concentraciones de carbono aumentan mientras mayor es el piso altitudinal en la zona de estudio.

Los estudios recientes no son concluyentes a la hora de determinar un análisis en largos periodos de tiempo del carbono, pero sí nos brinda una idea de cuál es el comportamiento de las concentraciones de carbono en las distintas altitudes, esto a su vez se puede ligar a la Productividad del Ecosistema, es decir la Productividad primaria Bruta.

Tabla 8

Porcentaje de variación de carbono orgánico en cada piso altitudinal estudiado

Carbono Orgánico							
Muestra	Altitud	Biomasa				Suelo	
		Paja	Paja Raíz	Almohadilla	Almohadilla raíz	Suelo 1	Suelo 2
1	4090	13,41	13,41	23,83	21,22	21,22	9,07
2	4100	15,32	21,22	40,32	21,22	24,5	14,95
3	4110	29,04	29,04	48,13	37,72	42,06	34,24
4	4120	38,59	39,45	49,87	44,66	42,93	39,45
5	4130	38,59	45,53	53,34	49,87	43,79	39,45

Nota: Fuente: Haro F. ESPOCH 2012.

Para determinar el mapa de carbono en la zona de estudio se toman en cuenta los datos porcentuales de carbono para las distintas altitudes mencionadas en la tabla 8. La zona de estudio determinada en pasos anteriores cuenta con un rango altitudinal que va desde los 3596 msnm hasta los 4328 msnm, se puede observar la fuerte correlación existente con los rangos altitudinales y el porcentaje de carbono orgánico en el gráfico 13.

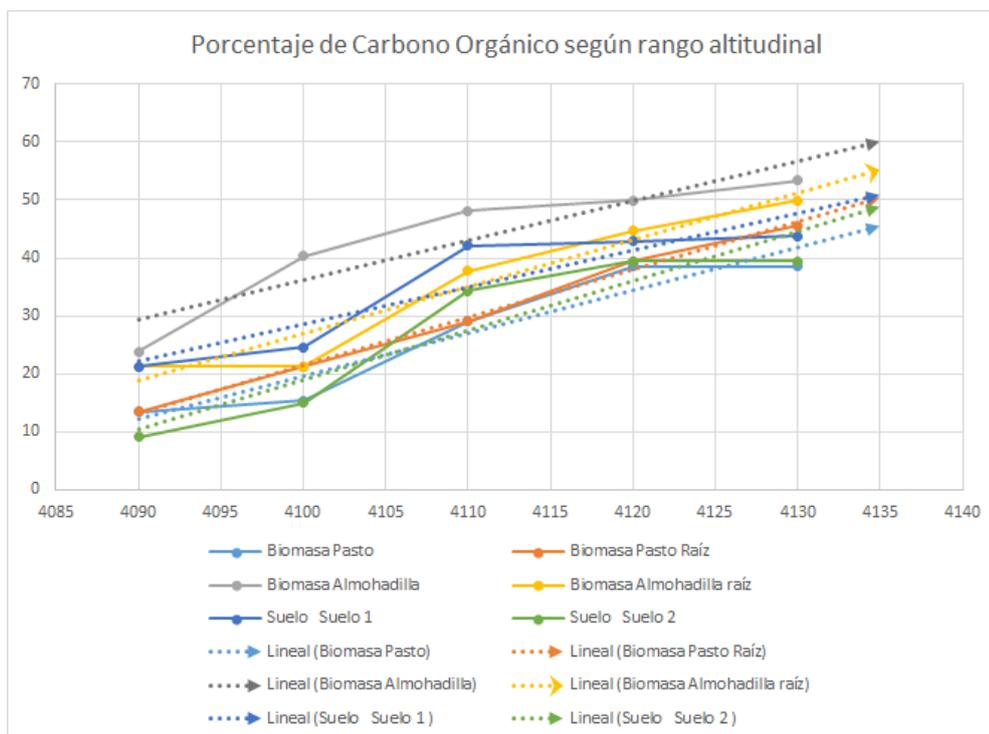


Gráfico 13 Porcentaje de Carbono Orgánico según rango altitudinal

Nota: Elaborado: Carlos Rosero E. Fuente: Haro F. ESPOCH 2012. Se logra observar una fuerte correlación entre el porcentaje de carbono y los rangos altitudinales.

Tabla 9

Coefficiente de Correlación del Carbono con la Altitud

	Altitud	Paja	Paja Raíz	Almohadilla	Almohadilla raíz	Suelo 1	Suelo 2
Altitud	1						
Pasto	0,95540602	1					
Pasto Raíz	0,997636134	0,966220109	1				
Almohadilla	0,920379734	0,873894994	0,912964539	1			
Almohadilla raíz	0,963934491	0,988461125	0,966362639	0,857640591	1		
Suelo 1	0,908067806	0,960298967	0,90777541	0,908698209	0,956831503	1	
Suelo 2	0,936879588	0,98068735	0,940982015	0,92508499	0,968633043	0,99374112	1

Nota: Elaborado: Carlos Rosero E. Fuente: Haro F. ESPOCH 2012. Se observa la mayor correlación en los datos establecidos por el Pasto Raíz.

Como se observa en la figura 17, las zonas de color Plomo son donde no se posee información mientras que las expresadas con franjas de color son altitudes con posibles condiciones similares a las de la zona de muestreo.

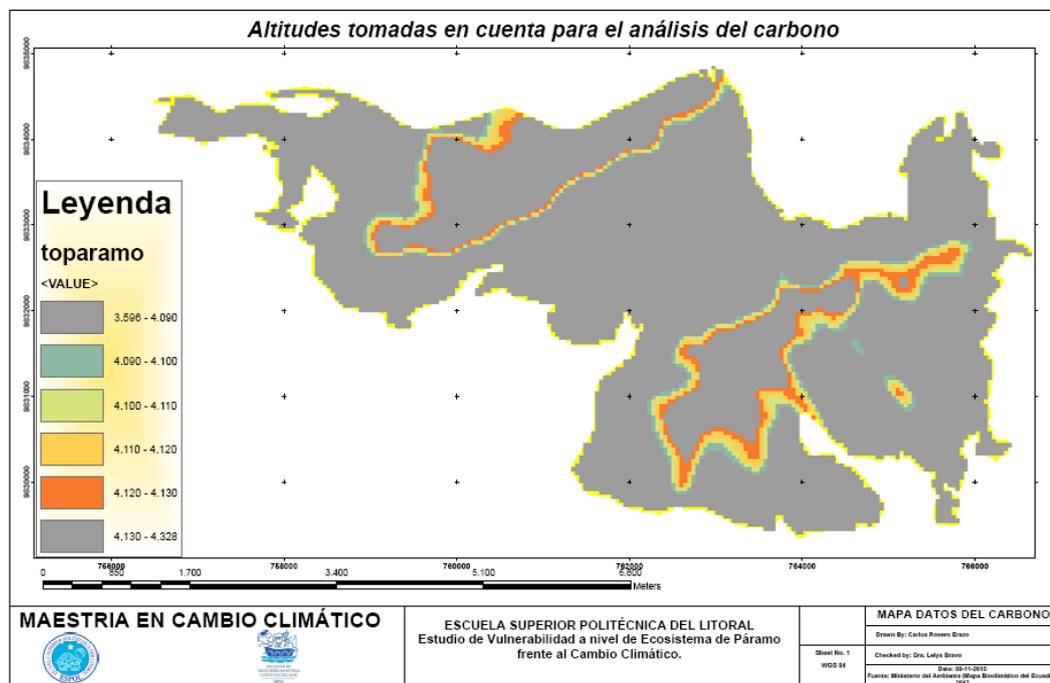


Figura 15 Altitudes tomadas en cuenta para determinar el Carbono Orgánico en la zona de estudio.

Nota: Elaborado: Carlos Rosero E. Fuente: MAE. IGM. ESPOL. La presente Figura detalla los rangos altitudinales. En color Plomo es el área que no cuenta con información de carbono mientras que los otros colores si presentan datos.

En un tamaño de muestra equivalente a 5 puntos de recolección es decir un área pequeña de escala 1:400, a continuación se procede a realizar mapas establecidos por el método **determinístico** IDW (Inverse Distance Weighting) o ponderación por distancia para las variables como; Carbono Orgánico Almohadilla, Almohadilla raíz, Pasto, Pasto Raíz, Suelo 1 y Suelo 2, se estableció este método debido al reducido tamaño de la muestra, cercanía entre puntos y porque existe una alta correlación con la variable altitudinal en la zona de estudio.

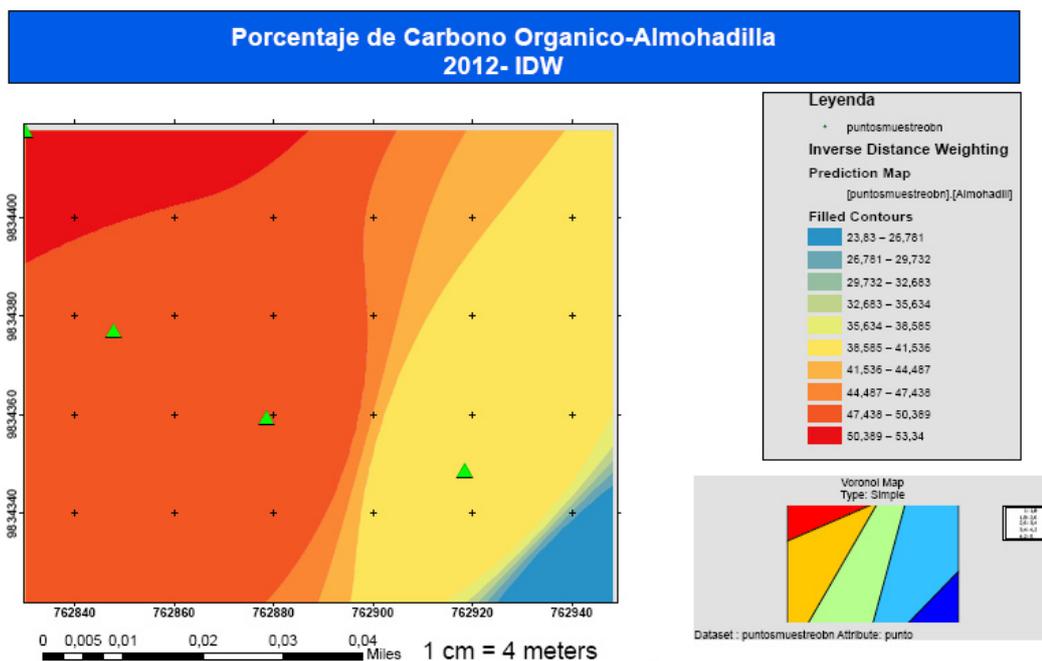


Figura 16 Porcentaje de Carbono Orgánico Almohadilla

Nota: Elaborado: Carlos Rosero E. Figura establecida por el método determinístico IDW.

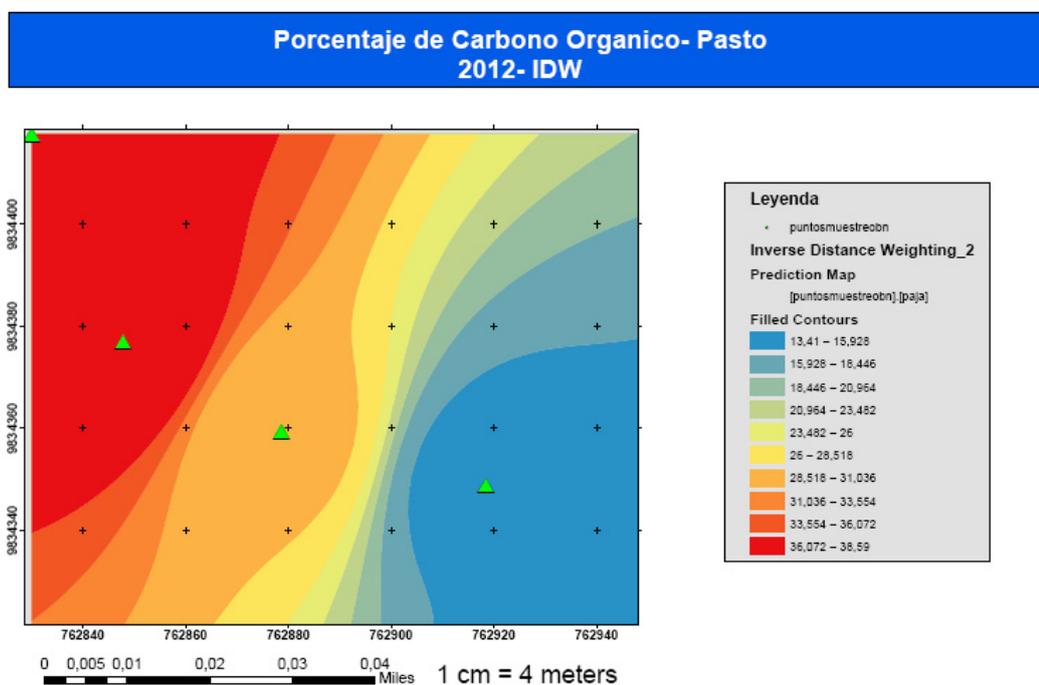


Figura 17 Porcentaje de Carbono Orgánico en Pasto

Nota: Elaborado: Carlos Rosero E. Figura establecida por el método determinístico IDW.

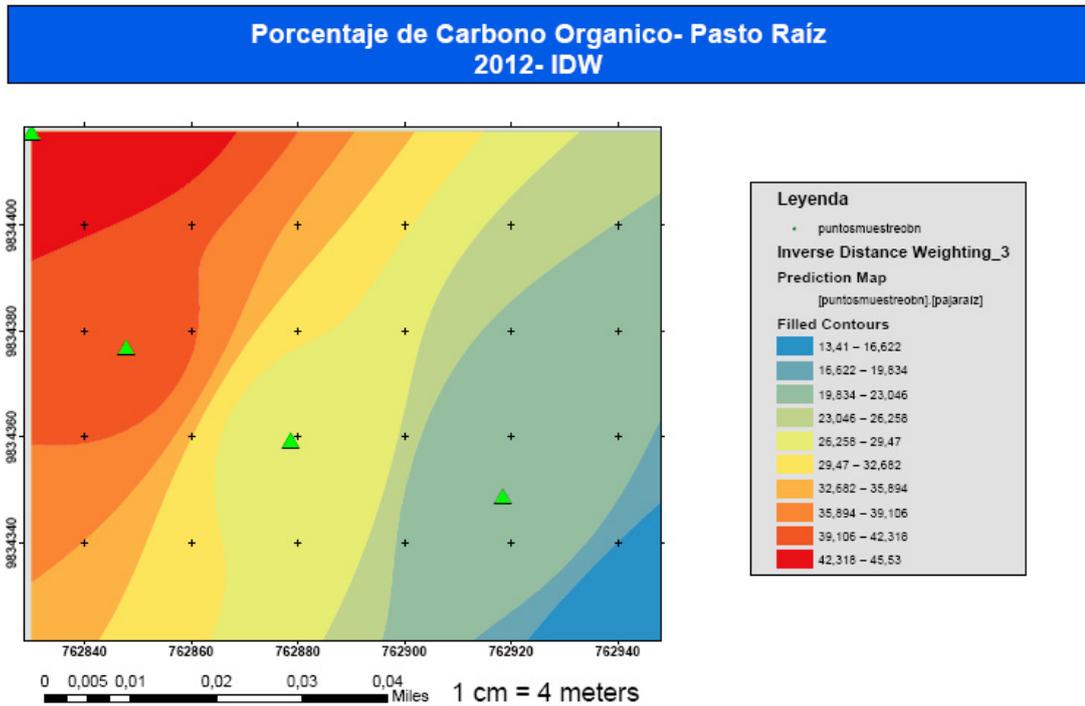


Figura 18 Porcentaje de Carbono Orgánico Pasto raíz

Nota: Elaborado: Carlos Rosero E. Figura establecida por el método determinístico IDW.

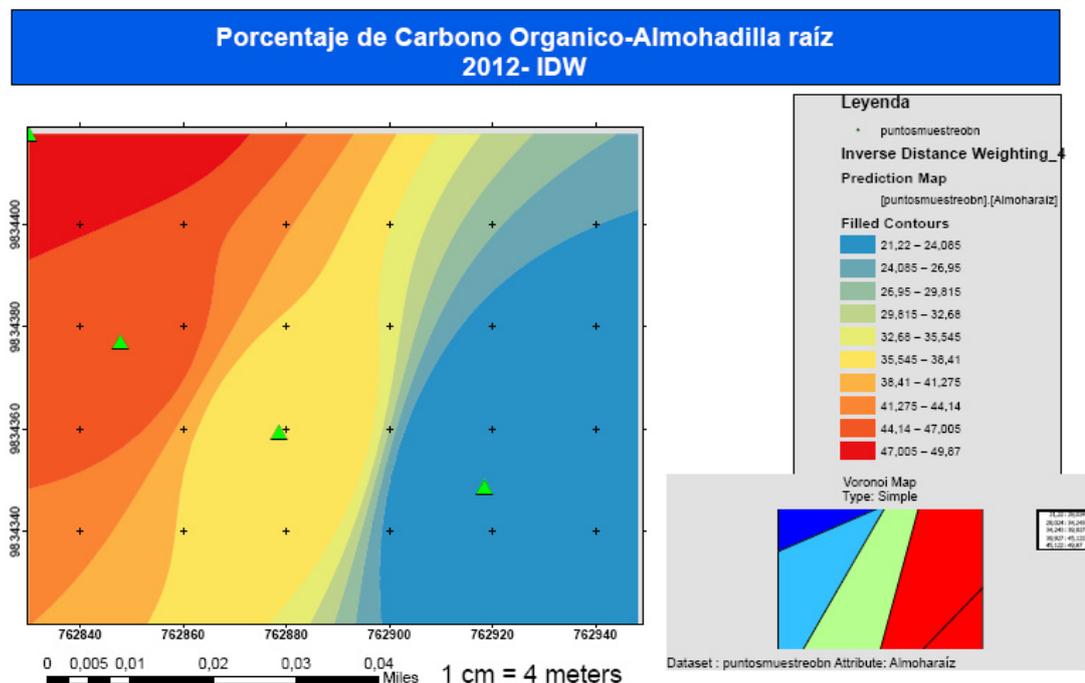


Figura 19 Porcentaje de Carbono Orgánico Almohadilla Raíz

Nota: Elaborado: Carlos Rosero E. Figura establecida por el método determinístico IDW.

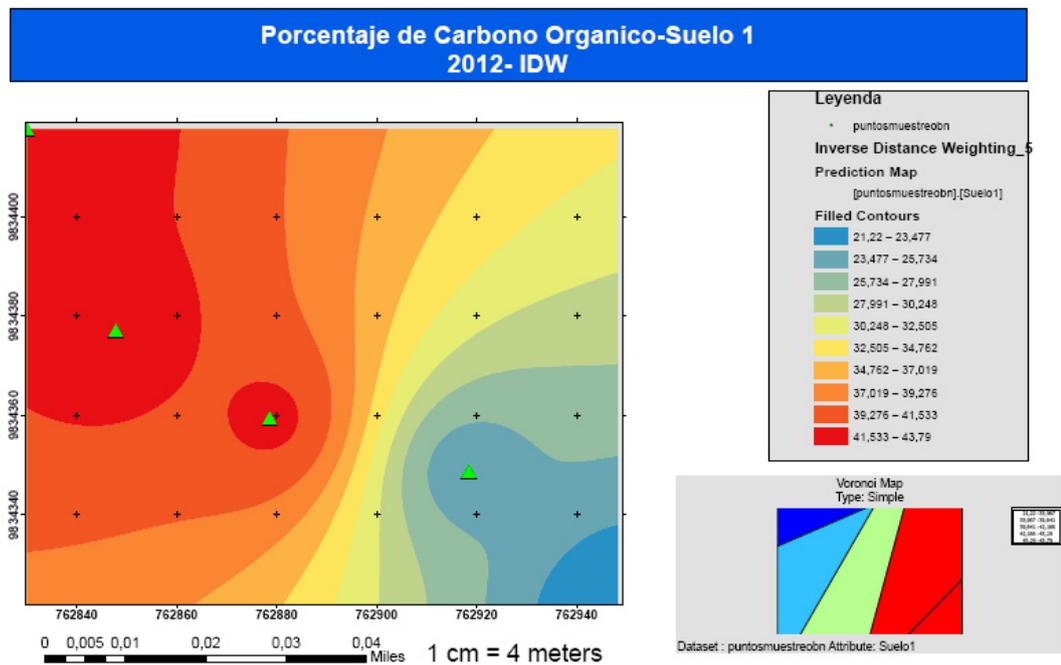


Figura 20 Porcentaje de Carbono Orgánico Suelo 1

Nota: Elaborado: Carlos Rosero E. Figura establecida por el método determinístico IDW.

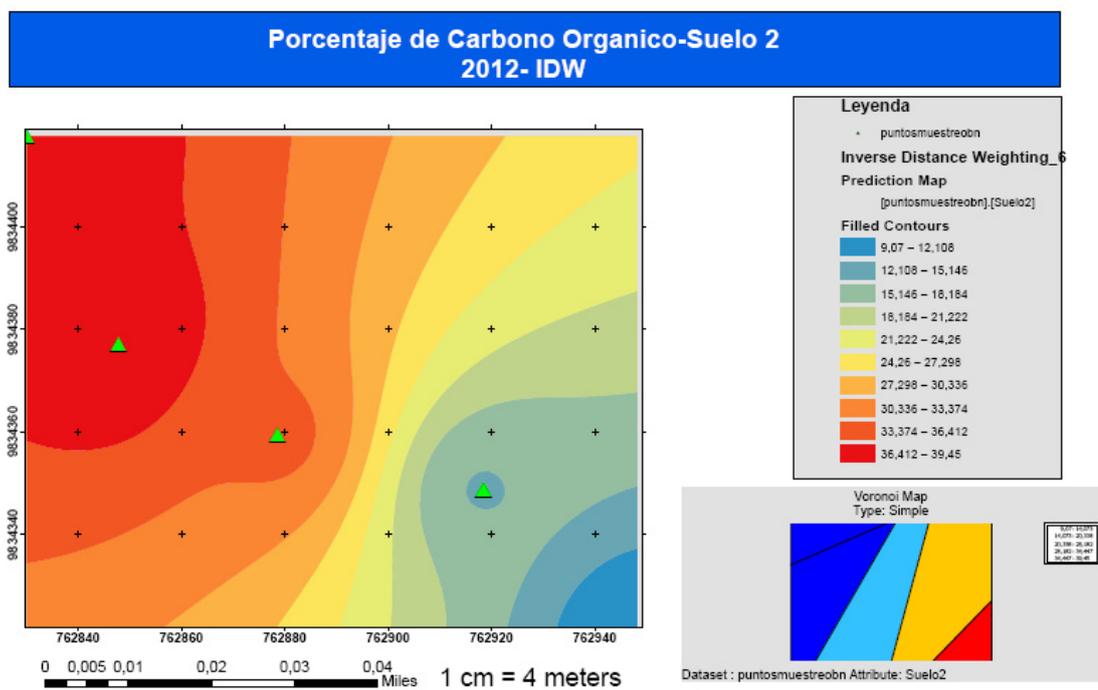


Figura 21 Porcentaje de Carbono Orgánico Suelo 2

Nota: Elaborado: Carlos Rosero E. Figura establecida por el método determinístico IDW.

Según la tabla 9 y figuras siguientes (Figuras 16 a la 21) representadas por el modelo IDW, se puede visualizar que a mayor altitud obtendremos mayor cantidad de carbono orgánico retenido, esto no quiere decir que para otros lugares o zonas se deba tener en cuenta este parámetro altitudinal-carbono ya que esto se debe al tamaño de la muestra y la similitud de condiciones climáticas y ecológicas presentes en la zona.

5.1.6 Tasa anual de cambio (páramo)

En un esfuerzo del Ministerio del Ambiente a través del Proyecto Mapa Histórico de deforestación donde se utilizó imágenes satelitales LANDSAT y ASTER para generar mapas de cobertura y uso de suelo para los años 1990, 2000 y 2008 se logró utilizar esta base cartográfica para el análisis de la cobertura páramo, sea dicho de paso que es una de las coberturas mencionada dentro de las 16 clases de cobertura nivel 2 identificadas a nivel nacional.

Tabla 10

Cobertura de suelo nivel 1 y nivel 2

Nivel I	Nivel II
Bosque	Bosque nativo
	Plantación forestal
Vegetación arbustiva y herbácea	Vegetación arbustiva
	Páramo
	Vegetación herbácea
Tierra agropecuaria	Cultivo Anual
	Cultivo semipermanente
	Cultivo permanente
	Pastizal
	Mosaico agropecuario
Cuerpo de agua	Natural
	Artificial
Zona antrópica	Área poblada
	Infraestructura
Otras tierras	Area sin cobertura vegetal
	Glaciar
Sin información	Sin información

Nota: Elaborado: Ministerio del Ambiente. Fuente: Ministerio del Ambiente 2012

Una de las variables a tomar en cuenta en un estudio de Vulnerabilidad es la Tasa anual de Cambio, esta es una variable que considera superficies como se explicó en la metodología del presente trabajo. A continuación se presentan las coberturas vegetales pertenecientes al páramo para los años 1990, 2000 y 2008.

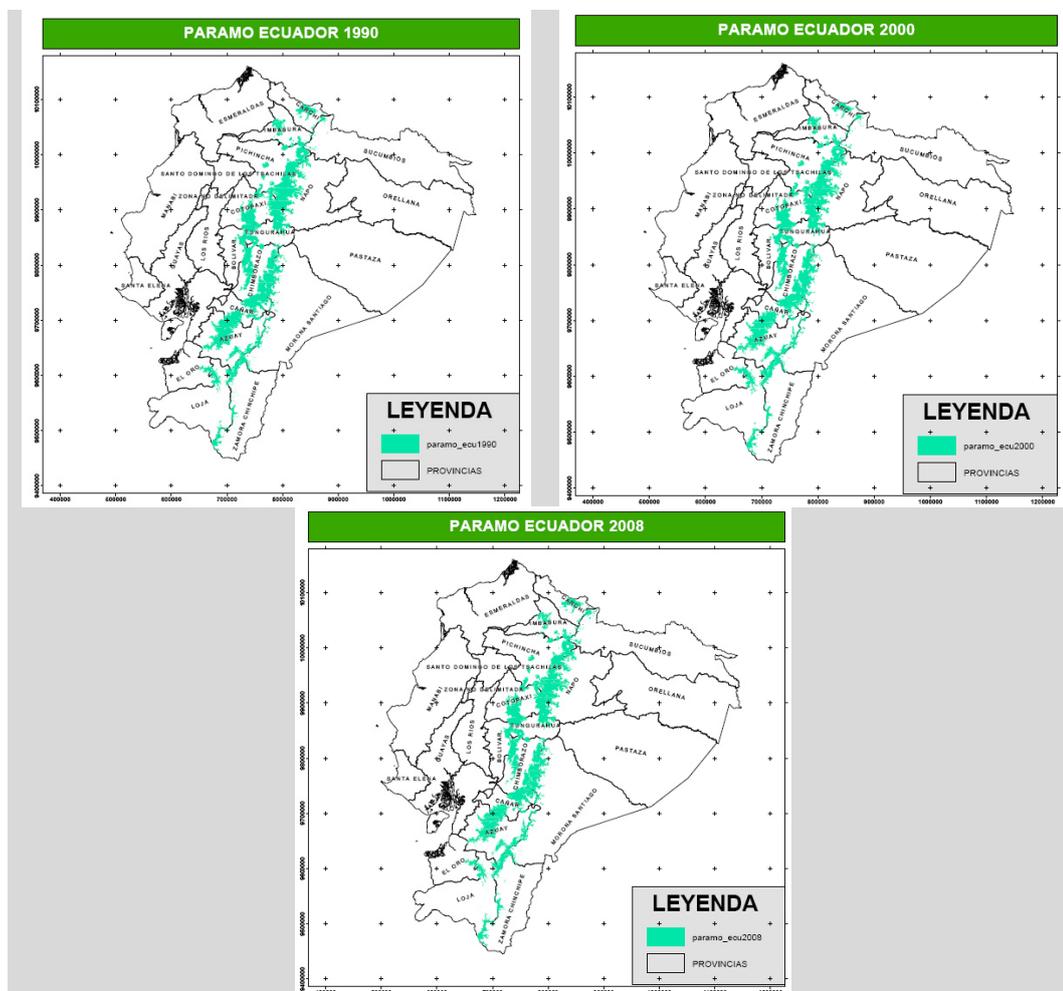


Figura 22 Páramo Ecuador 1990, 2000 y 2008

Nota: Elaborado: Carlos Rosero. Fuente: Ministerio del Ambiente 2012. Mapa de ubicación del Páramo a nivel Nacional.

El páramo en el Ecuador para el año 1990 fue de 1´440.098 hectáreas, para el año 2000 fue de 1´400.898 hectáreas y para el 2008 fue de 1´380.783 hectáreas. Para la zona de estudio se tiene que para el año 1990 el páramo fue de 3456 hectáreas, para el 2000 fue de 2612 hectáreas y por último en el año 2008 fue de 3420 hectáreas.

Tabla 11*Tasa anual de cambio para los periodos 1990-2000 y 2000-2008*

Descripción o zona	1990-2000		2000-2008		PERIODO 1990-2000		Periodo 2000-2008	
	A1	A2	A1	A2	Tasa anual de cambio %	promedio anual ha/año	tasa anual de cambio %	promedio anual (ha/año)
PÁRAMO ECUADOR	1440098	1400898	1400898	1380783	-0,28	3920	-0,18	2514
PÁRAMO PICHAN	3456	2612	2612	2668	-2,80	84,40	0,27	-7

Nota: Elaborado: Carlos Rosero E. Fuente: MAE 2012. En la tabla se presentan valores relacionados al área para cada periodo y valores en porcentaje para la tasa anual de cambio y hectáreas promedio a nivel nacional y local. El valor de color amarillo es tomado en base al presente estudio donde se determina el área o zona de estudio. Puyravaud (2003) sugiere el uso del índice r calculado como $r = \frac{1}{t_2-t_1} \ln \frac{A_2}{A_1}$ así se demuestra en las columnas de tasa anual de cambio %. Para el cálculo de las ha/año se determina mediante la formula $R = \frac{A_1-A_2}{t_2-t_1}$

Se procede a tomar en cuenta el área de estudio de páramo establecido en el capítulo anterior, esto debido a que es la más reciente es decir 2668 hectáreas para el periodo del 2000.2008 (cuadro en amarillo), se aplica las formulas indicadas en la metodología y se tiene que:

Para el periodo de 1990 al 2000 una tasa anual de cambio equivalente a -0,28% lo que corresponde a nivel nacional a 3920 hectáreas/año de páramo reducidas, mientras que en el páramo de Igualata se obtiene una tasa de -2,80%, es decir 84 hectáreas/año. De igual forma se puede observar que para el periodo del 2000-2008 a nivel nacional posee una tasa anual de cambio de -0,18% lo que equivale a una reducción de 2514 hectáreas/año, mientras que para el páramo de Igualata se observa una tasa anual de cambio de 0,27 que equivale a una recuperación del páramo de 7 hectáreas/año. Se puede concluir que se han disminuido los impactos hacia este ecosistema en el último periodo. De esta manera se puede establecer que el ecosistema debido a las acciones de incentivos y prohibiciones generados por el estado Ecuatoriano se ha conservado este ecosistema.

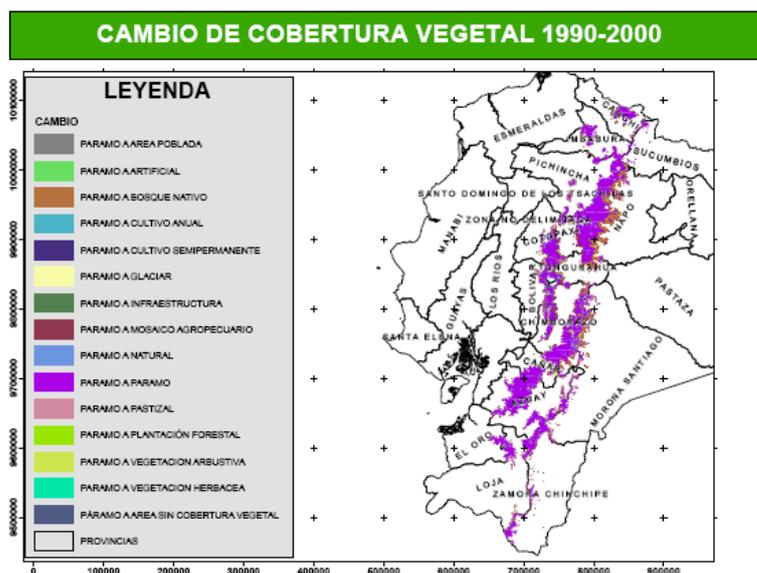


Figura 23 Cambio de Cobertura vegetal de páramo 1990-2000 para Ecuador

Nota: Elaborado: Carlos Rosero E. Fuente: MAE 2012. La presente detalla el cambio de cobertura que tuvo el páramo en el periodo 1990-2000 a nivel nacional.

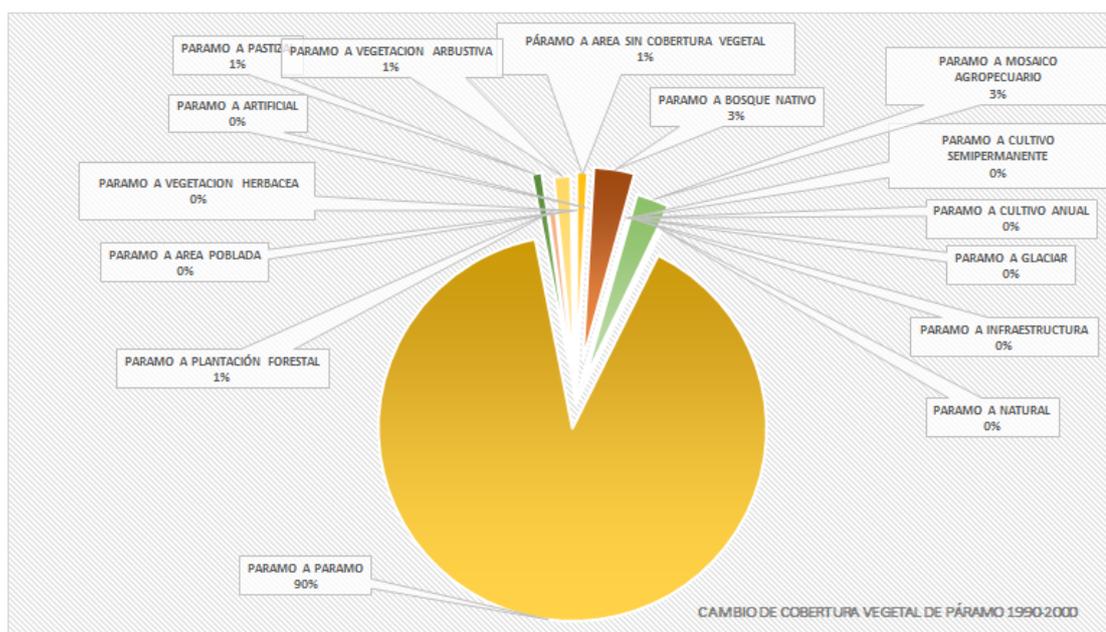


Gráfico 14 Cambio de cobertura vegetal de páramo Ecuador 1990-2000

Nota: Elaborado: Carlos Rosero E. Fuente: MAE 2012. Se observan porcentajes en cambio de cobertura vegetal.

Como se puede observar en la Figura 23 y Gráfico 14, para el período 1990-2000 existen cambios de cobertura a nivel nacional concernientes con: Áreas pobladas, áreas sin cobertura vegetal, Bosque Nativo, Áreas Artificiales, Cultivos anuales, Cultivos semipermanentes, Glaciares, Infraestructuras, Mosaicos agropecuarios, áreas naturales,

Pastizales, Plantaciones forestales, Vegetación arbustiva, vegetación herbácea, donde los valores más representativos consideran una intervención con bosque nativo equivalente al 3% y un 2,7% fue transformado en Mosaicos agropecuarios.

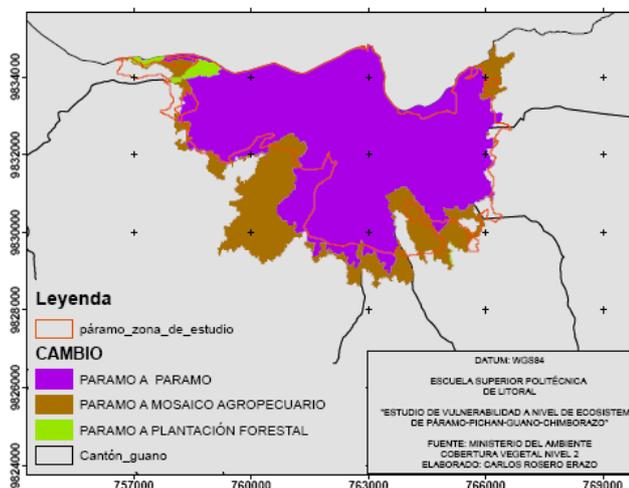


Figura 24 Cambio de Cobertura vegetal de páramo 1990-2000 en la zona de estudio

Nota: Elaborado: Carlos Rosero E. Fuente: MAE 2012.

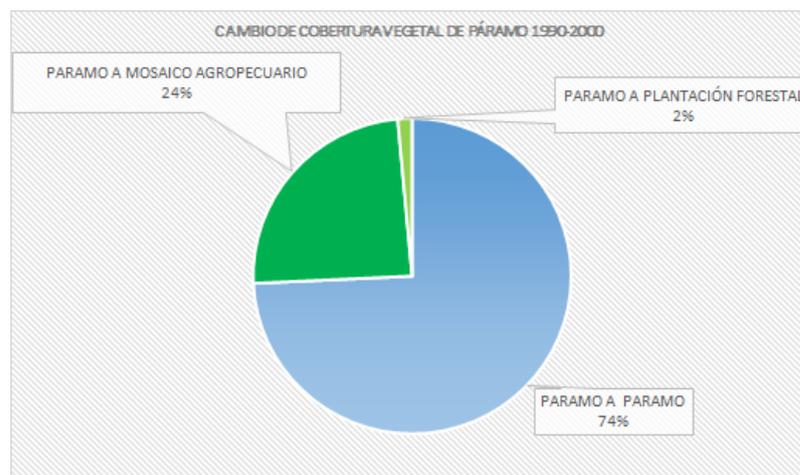


Gráfico 15 Cambio de cobertura vegetal de páramo para la zona de estudio 1990-2000

Nota: Elaborado: Carlos Rosero E.

En la zona de Estudio Figura 24 y Gráfico 15 se observa un cambio con coberturas tales como: Mosaico Agropecuario y plantaciones forestales, donde el Mosaico agropecuario le corresponde un 24,29% del total del territorio de páramo en el periodo de 1990 al 2000. Esto quiere decir que uno de los problemas en la zona es el avance de la frontera agrícola.

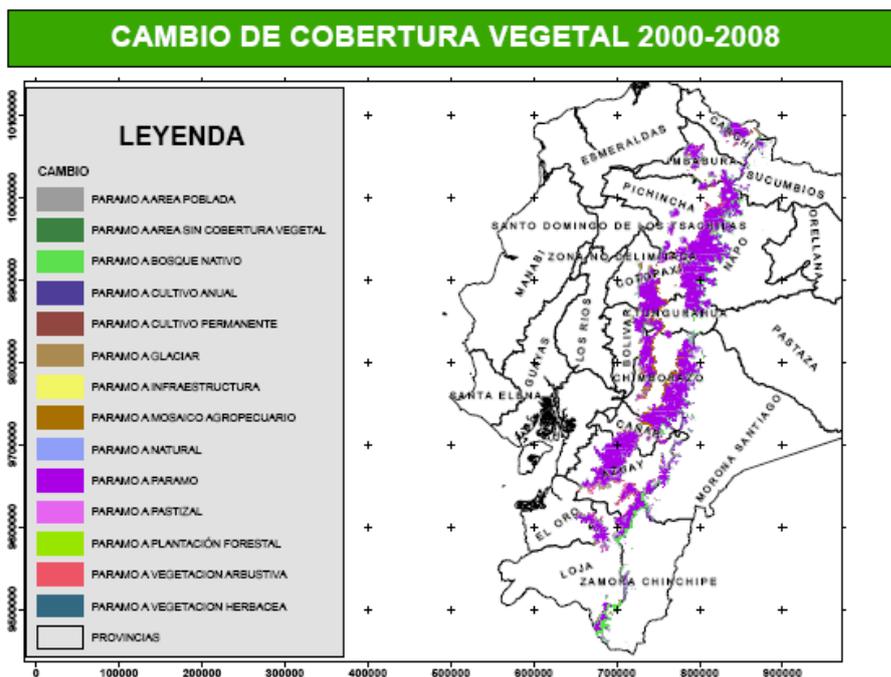


Figura 25 Cambio de cobertura vegetal de páramo 2000-2008

Nota: Elaborado: Carlos Rosero E. Fuente: MAE 2012

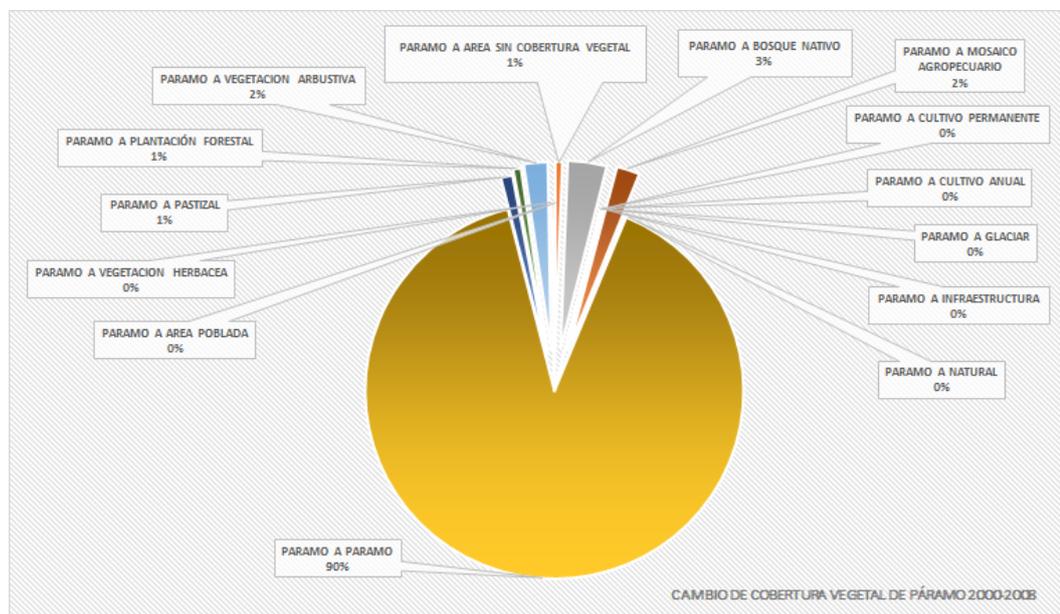


Gráfico 16 Cambio de cobertura vegetal de páramo Ecuador 2000-2008

Nota: Elaborado: Carlos Rosero E. Fuente MAE 2012.

Como se puede observar en la Figura 25 y Gráfico 16 para el período 2000-2008 existen cambios a nivel nacional relacionados con: Áreas pobladas, áreas sin cobertura vegetal,

Bosque Nativo, Cultivos anuales, Cultivos permanentes, Glaciares, Infraestructuras, Mosaicos agropecuarios, áreas naturales, Pastizales, Plantaciones forestales, Vegetación arbustiva, vegetación herbácea, donde los valores más representativos consideran una intervención con bosque nativo equivalente al 3,33%, un 2,04 fue transformado en vegetación arbustiva y un 1,97% fue transformado en Mosaicos agropecuarios.

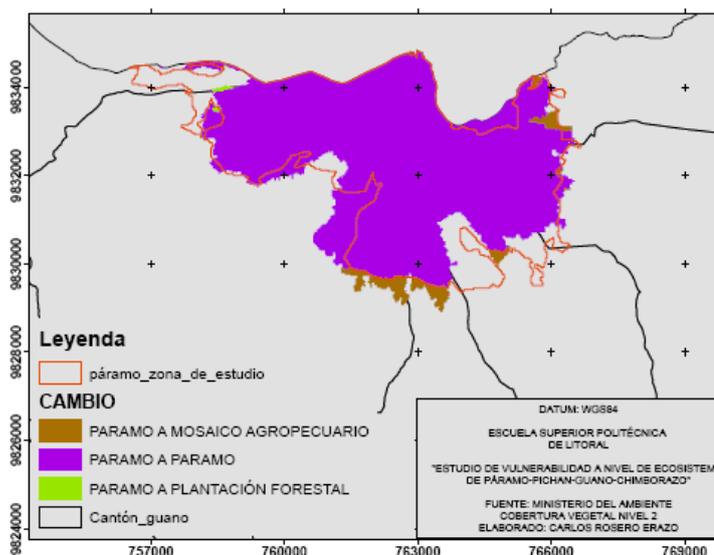


Figura 26 Cambio de Cobertura vegetal de páramo 2000-2008 en la zona de estudio

Nota: Fuente: Elaborado: Carlos Rosero E. MAE 2012

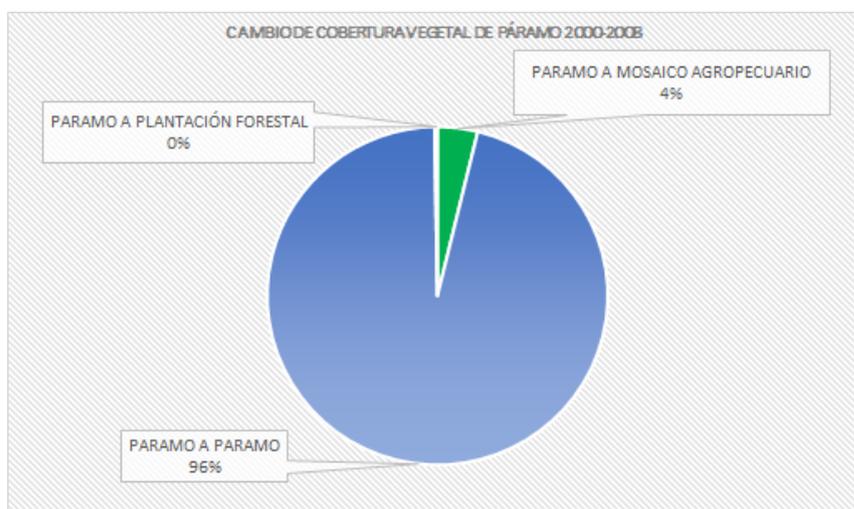


Gráfico 17 Cambio de cobertura vegetal de páramo para la zona de estudio 2000-2008

Nota: Elaborado: Carlos Rosero E. Fuente: MAE 2012.

En la zona de estudio Figura 26 y Gráfico 17 se observa un cambio con coberturas tales como: Mosaico Agropecuario y plantaciones forestales, donde el Mosaico agropecuario le corresponde un 3,81% del total del territorio de páramo en el periodo de 2000-2008. Esto quiere decir que en relación con el territorio transformado en el periodo de 1990-2000 se ha minimizado su impacto.

5.2 Análisis metodológico para el estudio de vulnerabilidad

*El secretario general de la ONU Kofi Annan (1997-2006), para entender mejor las consecuencias de los actuales cambios de los ecosistemas y evaluar posibles escenarios futuros, inauguró este estudio científico exhaustivo, la **Evaluación de Ecosistemas del Milenio**.*

Según el estudio realizado se determinan 3 problemas principales, los cuales serán muy importantes para determinar los indicadores de vulnerabilidad en este tipo de ambiente o sistema:

- En primer lugar, de los servicios de los ecosistemas examinados por esta evaluación, aproximadamente el 60% (15 de 24) se están degradando o se usan de manera no sostenible, con inclusión del agua dulce, la pesca de captura, la purificación del aire y del agua, la regulación del clima regional y local, los riesgos naturales y las plagas. Los costos totales de la pérdida y la degradación de estos servicios de los ecosistemas son difíciles de medir, pero los datos disponibles demuestran que son considerables y que van en aumento. Muchos servicios de los ecosistemas se han degradado como consecuencia de actuaciones llevadas a cabo para aumentar el suministro de otros servicios, como los alimentos. Estas elecciones y arreglos suelen desplazar los costos de la degradación de un grupo de personas a otro, o traspasan los costos a las generaciones futuras.
- En segundo lugar, se ha establecido, aunque los datos son incompletos, que los cambios que se han hecho en los ecosistemas están aumentando la probabilidad de cambios no lineales en los mismos (incluidos cambios acelerados, abruptos y potencialmente irreversibles), que tienen consecuencias importantes para el bienestar humano. Algunos ejemplos de estos cambios son la aparición de enfermedades, las alteraciones bruscas de la calidad del agua, la creación de "zonas muertas" en las aguas costeras, el colapso de las pesquerías y los cambios en los climas regionales.
- En tercer lugar, la degradación de los servicios de los ecosistemas (es decir la merma persistente de la capacidad de un ecosistema de brindar servicios) está contribuyendo al aumento de las desigualdades y disparidades entre los grupos de personas, lo que, en ocasiones, es el principal factor causante de la pobreza y del conflicto social. Esto no significa que los cambios en los ecosistemas, como el aumento de la producción de alimentos, no hayan contribuido también a que muchas personas salgan de la pobreza o del hambre, pero esos cambios han perjudicado a muchos otros individuos y comunidades, cuya apremiante

situación muchas veces se ha pasado por alto. En todas las regiones, y particularmente en el África subsahariana, la situación y la gestión de los servicios de los ecosistemas es un factor decisivo en las perspectivas de reducción de la pobreza.

5.2.1 Proceso metodológico.

Para establecer un estudio de vulnerabilidad ante este sistema ambiental importante, se tomará en cuenta la conceptualización y los pasos mencionados en la “Guía Metodológica para la evaluación de la vulnerabilidad ante Cambio Climático” realizado en cooperación con el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) México.2012,

La Identificación de elementos para el análisis de vulnerabilidad, según la “Guía metodológica para evaluar la vulnerabilidad ante Cambio Climático” y conceptualizaciones realizadas por el IPCC 2007 se determinan los elementos siguientes para evaluar la vulnerabilidad: **Exposición, Sensibilidad y Capacidad de Adaptación**. Pag.21.

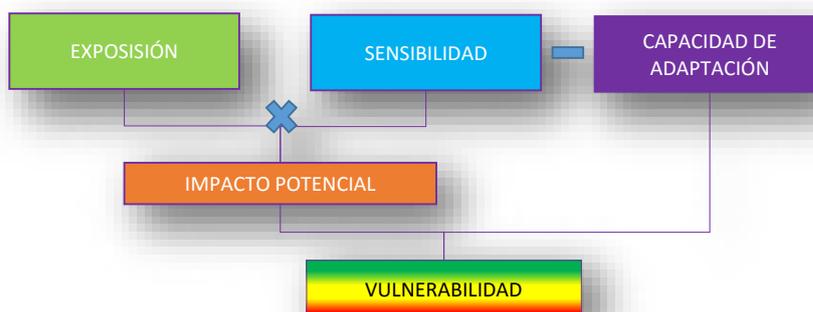


Gráfico 18 Elementos de vulnerabilidad, proceso de evaluación de vulnerabilidad

Nota: Elaborado: Carlos Rosero E. Fuente: IPCC. 2007. Conceptos de IPCC dan lugar a la aplicación de fórmulas para determinar la vulnerabilidad en cualquier tipo de sistemas.

Los elementos considerados en las etapas para la identificación de la vulnerabilidad son: Diagnóstico, Modelo Conceptual y Validación (Ver Gráfico 19).

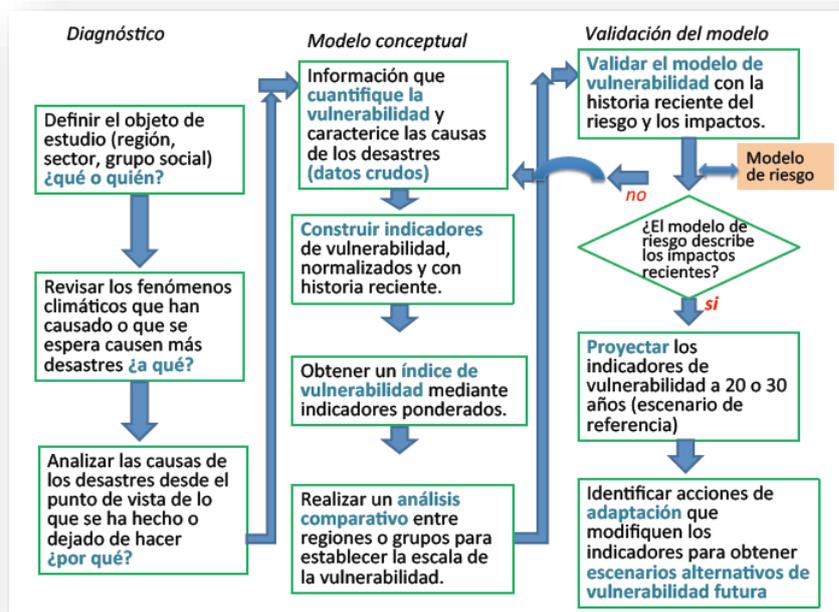


Gráfico 19 Etapas para la identificación de la vulnerabilidad.

Nota: Flujo de acciones para la determinación de la vulnerabilidad a Cambio Climático. Fuente: “Guía metodológica para la evaluación de la vulnerabilidad ante Cambio Climático”

Para determinar la vulnerabilidad se deben realizar tres preguntas esenciales tomadas en la Guía; 1. *Vulnerable ¿a qué?*, 2. *¿Quién o qué es vulnerable?*, 3. *¿Por qué es vulnerable?*

En el presente estudio se identifican ya las dos preguntas, ya que el sistema de estudio es el Ecosistema Páramo (Quién o qué es vulnerable?) y será vulnerable a amenazas de origen climático y socio-económico identificado en los próximos pasos (*Vulnerable ¿a qué?*).

El, Por qué es vulnerable?, es la base del estudio de vulnerabilidad donde se realiza el análisis de los factores que hacen que el o los sistemas se vean afectados en este caso el sistema eco-sistémico páramo.

5.2.2 Indicadores de vulnerabilidad.

Los indicadores tomados en cuenta para el análisis de los elementos de vulnerabilidad (Exposición, Sensibilidad y Capacidad de Adaptación) para el ecosistema páramo son los siguientes:

Tabla 12*Variables e indicadores de Vulnerabilidad*

Variable	Cod	Indicador	Fuente de información	Nivel	Elemento de vulnerabilidad
uso de suelo	E.1	E.1. Exposición del ecosistema a la amenaza	Deslizamientos	Cantonal	Exposición
clima	E.2	E.2. Exposición del ecosistema a la intensidad y frecuencia de las amenaza (SPI-TL959)	Modelo TL959 SPI (Índice Estandarizado de Precipitación) Clima Actual MAE	Cantonal-Ecosistema	Exposición
Productividad biológica (PPB) producción Primaria Bruta	S.1	S.1. Porcentaje de carbono orgánico	ESPOCH (Escuela Superior Politécnica de Chimborazo)	Ecosistema	Sensibilidad
Productividad biológica	S.2	S.2. densidad vegetal	ESPOCH (Escuela Superior Politécnica de Chimborazo)	Ecosistema	Sensibilidad
Socio-Ambiental	Ca.1	Ca.1. Iniciativas de protección del ecosistema	Gobiernos Autónomos Descentralizados	Ecosistema	Capacidad de Adaptación
Socio-Ambiental	Ca.2	Ca.2. Sobre utilización de ecosistema	Gobiernos Autónomos Descentralizados	Ecosistema	Capacidad de Adaptación
Socio-Ambiental	Ca.3	Ca.3. tasa anual de cambio	Cobertura Vegetal 1990-2000-2008 MAE (Ministerio del Ambiente)	Ecosistema	Capacidad de Adaptación
Desigualdad	Ca.4	Ca.4. Pobreza NBI (Necesidades Básicas Insatisfechas)	Gobiernos Autónomos Descentralizados	Parroquial	Capacidad de Adaptación

Nota: Elaborado: Carlos Rosero E.

Se identificaron 5 variables (*Uso de suelo, Clima, Productividad Biológica, Socio-ambiental y Desigualdad*) y 8 indicadores (*Exposición del ecosistema a la amenaza, Exposición del ecosistema a la intensidad y frecuencia de las amenaza (SPI-TL959), Porcentaje de carbono orgánico, Densidad vegetal, Iniciativas de protección al ecosistema, Sobre-utilización del ecosistema, Tasa anual de cambio, Pobreza*) de vulnerabilidad que pueden afectar al ecosistema de forma directa o indirecta, estos a su vez están vinculados a los elementos de vulnerabilidad, es necesario mencionar que cada indicador debe estar vinculado o relacionado con cada elemento mediante la consideración lógica textual mencionada en la Tabla 12.

Tabla 13

Relación del indicador con la dimensión o elementos de Vulnerabilidad

Indicador	elemento de vulnerabilidad	Relación del indicador con la dimensión de EXPOSICIÓN/SENSIBILIDAD/CAPACIDAD DE ADAPTACIÓN
E.1. Exposición del ecosistema a la amenaza	Exposición	Mientras más territorio del ecosistema de páramo, más está expuesto a cambios del uso de suelo
E.2. Exposición del ecosistema a la intensidad y frecuencia de las amenaza (SPI-TL959)	Exposición	Si el nivel e intensidad y frecuencia futuro de las amenazas será mayor al actual la exposición será mayor.
S.1. Porcentaje de carbono orgánico	Sensibilidad	Los servicios eco sistémicos se ven afectados, es decir a menor captación de carbono mayor será la sensibilidad
S.2. Densidad vegetal	Sensibilidad	Los servicios eco sistémicos se ven afectados, es decir a menor densidad vegetal, mayor será la sensibilidad
Ca.1. Iniciativas de protección del ecosistema	Capacidad de Adaptación	El Ecosistema de páramo, es fundamental para la provisión de servicios eco sistémicos a la población, en especial la regulación de agua para consumo humano y riego, mientras más iniciativas la capacidad de adaptación será mayor
Ca.2. Sobre utilización de ecosistema	Capacidad de Adaptación	El porcentaje de sobre-utilización del ecosistema de páramo da una muestra del estado de conservación del mismo.

Indicador	elemento de vulnerabilidad	Relación del indicador con la dimensión de EXPOSICIÓN/SENSIBILIDAD/CAPACIDAD DE ADAPTACIÓN
Ca.3. Tasa anual de cambio	Capacidad de Adaptación	El ecosistema de páramo es fundamental para la provisión de servicios eco sistémicos, por lo tanto, en la medida que la protección de remanentes de este ecosistema estaría facilitando la provisión de servicios eco sistémicos a la población, en especial la regulación de agua y con ello garantizar una base para el desempeño de medidas de adaptación.
Ca.4. Pobreza NBI (Necesidades Básicas Insatisfechas)	Capacidad de Adaptación	Según las consideraciones realizadas en la Evaluación de Ecosistemas del Milenio, la degradación del ecosistema está contribuyendo al aumento de las desigualdades y disparidades entre los grupos de personas, lo que, en ocasiones, es el principal factor causante de la pobreza y del conflicto social.

Nota: Elaborado: Carlos Rosero E.

En la Tabla 13 se determina la relación que tienen el indicador y los elementos de vulnerabilidad, es decir es la consideración técnica de evaluación que se tomará en cuenta para establecer los índices.

Una de las consideraciones técnicas al momento de evaluar la vulnerabilidad en ecosistemas en este caso el páramo, se identifica un aspecto general de amenaza (*Cambio Climático*), por lo que al momento de identificar las distintas relaciones de vulnerabilidad entre elementos y amenaza se logró detallar en menor escala la amenaza, es decir se identificaron las siguientes amenazas:

Tabla 14

Amenazas identificadas por variable e indicador

AMENAZA				Variable	Cod	Indicador
	Origen	Amenaza	Causa			
CAMBIO CLIMÁTICO	ANTROPICO	Deslizamientos	Cambio uso de suelo	uso de suelo	E.1	E.1. Exposición del ecosistema a la amenaza
	SOCIO NATURAL	Inundación/Sequía	Lluvias torrenciales o variaciones en intensidad y frecuencia.	clima	E.2	E.2. Exposición del ecosistema a la intensidad y frecuencia de las amenaza (SPI-TL959)

SOCIO NATURAL	Incremento de los impulsores de riesgos a escala local y global	Aumento en los niveles de carbono	Productividad biológica (PPB) producción Primaria Bruta	S.1	S.1. Porcentaje de carbono orgánico
SOCIO NATURAL	Inundación/Sequía	Disminución diversidad vegetal	Productividad biológica	S.2	S.2. densidad vegetal
ANTROPICO	Inundación/Sequía	Gobernanza deficiente	Socio-Ambiental	Ca.1	Ca.1. Iniciativas de protección del ecosistema
ANTROPICO	Incremento de los impulsores de riesgos a escala local y global	Gobernanza deficiente	Socio-Ambiental	Ca.2	Ca.2. Sobre utilización de ecosistema
ANTROPICO	Incremento de los impulsores de riesgos a escala local y global	Gobernanza deficiente	Socio-Ambiental	Ca.3	Ca.3. tasa anual de cambio
ANTROPICO	Incremento de los impulsores de riesgos a escala local y global	Gobernanza deficiente	Desigualdad	Ca.4	Ca.4. Pobreza NBI (Necesidades Básicas Insatisfechas)

Nota: Elaborado: Carlos Rosero E.

Se pueden observar amenazas de origen antrópico y socio-natural, estas amenazas tienen una causa probable que a su vez se asocia a los indicadores de vulnerabilidad expuestos, esta última (Capacidad de Adaptación) debe ser monitoreada con posible mayor énfasis en la variable eco-sistémica es decir la productividad biológica. Algunos indicadores pueden no estar al alcance de un monitoreo efectivo, debido a que parámetros ambientales y económicos globales pueden afectar a escalas regionales o locales.

Tabla 15

Total de Amenazas identificadas

Número de amenazas	AMENAZAS TOTAL
1	Deslizamientos
2	Inundación/Sequía
3	Incremento de los impulsores de riesgos a escala local y global

Nota: Elaborado: Carlos Rosero E.

Las amenazas mencionadas en la tabla 15, son las que se toman en cuenta para la determinación del índice de vulnerabilidad, siendo así una amenaza directa o indirecta para el indicador en análisis.

Consecuentemente a la identificación de amenazas, variables e indicadores, se procede a determinar las escalas con las cuales se determinan los niveles de vulnerabilidad al ecosistema de páramo para este caso serán valores que van de 1 a 3; donde 0-1 es Bajo, 1-2 es Medio y 2-3 es Alto (Ver Tabla 16).

Tabla 16

Definición de escalas para los indicadores de vulnerabilidad.

Indicador	Definición de escalas		
	1: Bajo	2: Media	3: Alta
E.1. Exposición del ecosistema a la amenaza	No existe una mayor exposición a la amenaza	Existe una exposición media a la amenaza	Existe una alta exposición a la amenaza
E.2. Exposición del ecosistema a la intensidad y frecuencia de las amenazas (SPI-TL959)	No existe un aumento ni disminución de la amenaza	Existe un aumento de la intensidad o frecuencia de la amenaza	Existe un incremento considerable de la amenaza
S.1. Porcentaje de carbono orgánico	Los niveles de carbono retenido aumentan.	Los niveles de carbono han disminuido en niveles medios.	Los niveles de carbono retenido han disminuido considerablemente.
S.2. Densidad vegetal	La diversidad de flora se ha mantenido.	Los niveles de diversidad han cambiado	Los niveles de diversidad han disminuido considerablemente
Ca.1. Iniciativas de protección del ecosistema	Existen iniciativas de protección de áreas de interés hídrico, acuerdos de conservación, etc.) a nivel de idea o diseño (con respecto a la amenaza en estudio)	Existen iniciativas de protección de áreas de interés hídrico, acuerdos de conservación, etc.) a nivel declarativo que no garantizan la implementaciones de acciones para la conservación de ecosistemas (con respecto a la amenaza en estudio)	Existen iniciativas de protección de áreas de interés hídrico, acuerdos de conservación, etc.) que implementan acciones concretas para apoyar la conservación/restauración de ecosistemas (con respecto a la amenaza en estudio)
Ca.2. Sobre utilización de ecosistema	Hasta una cuarta parte del territorio del ecosistema de páramo experimenta sobre uso del suelo, (análisis con respecto a la amenaza en estudio)	Hasta la mitad del territorio del ecosistema de páramo experimenta sobre uso del suelo (análisis con respecto a la amenaza en estudio)	Más de la mitad del territorio del ecosistema de páramo experimenta sobre uso del suelo (análisis con respecto a la amenaza en estudio)

Indicador	Definición de escalas		
	1: Bajo	2: Media	3: Alta
Ca.3. tasa anual de cambio	No existe cambio de uso en suelos en el ecosistema de páramo (debido a la amenaza en análisis)	La TAC en suelos de ecosistemas páramo, es menor que la TAC a nivel nacional (debido a la amenaza en análisis)	La TAC en suelos de ecosistemas páramo a, es igual o casi igual a la TAC a nivel nacional (debido a la amenaza en análisis)
Ca.4. Pobreza NBI (Necesidades Básicas Insatisfechas)	Más la mitad de la población experimenta pobreza extrema (con respecto al aumento de la amenaza en análisis)	Hasta la mitad de la población experimenta pobreza extrema (con respecto al aumento de la amenaza en análisis)	Hasta una cuarta parte de la población experimenta pobreza extrema (con respecto al aumento de la amenaza en análisis)

Nota: Elaborado: Carlos Rosero E.

5.2.3 Índice de Vulnerabilidad

5.2.3.1 Exposición

Según el IPCC 2007 y adaptado para el presente trabajo la exposición es grado en el cual un sistema, en este caso el Ecosistema de Páramo está expuesto a una variación en el clima, para lo cual es necesario identificar las amenazas en torno a los indicadores propuestos. De acuerdo a las 3 amenazas identificadas para los indicadores de exposición, sensibilidad y capacidad de adaptación, se puede determinar que la exposición del ecosistema de páramo a las amenazas presentes es Alto, debido a que, el ecosistema de Páramo es un sistema sensible a cambios en su morfología debido a los 3 factores de amenaza expuestos. En la tabla 17, se observan los niveles de exposición que tiene el ecosistema de páramo ante cada una de las amenazas identificadas.

Como se detalla en el Anexo 1. Se calcula en base a la definición de las escalas entre 1 a 3, para consecuentemente normalizar los datos.

Tabla 17
Índice de exposición resultados total

AMENAZA	EXPOSICIÓN		NIVEL
Deslizamientos	E.1. Exposición del ecosistema a la amenaza	3,00	Alto
	E.2. Exposición del ecosistema a la intensidad y frecuencia de las amenaza (SPI-TL959)	3,00	Alto
	TOTAL DE EXPOSICIÓN	3,00	Alto
AMENAZA	EXPOSICIÓN		NIVEL
Inundación/Sequía	E.1. Exposición del ecosistema a la amenaza	3,00	Alto
	E.2. Exposición del ecosistema a la intensidad y frecuencia de las amenaza (SPI-TL959)	3,00	Alto
	TOTAL DE EXPOSICIÓN	3,00	Alto
AMENAZA	EXPOSICIÓN		NIVEL
Incremento de los impulsores de riesgos a escala local y global	E.1. Exposición del ecosistema a la amenaza	3,00	Alto
	E.2. Exposición del ecosistema a la intensidad y frecuencia de las amenaza (SPI-TL959)	3,00	Alto
	TOTAL DE EXPOSICIÓN	3,00	Alto

Nota: Elaborado por Carlos Rosero E. Los valores para este caso corresponden al valor máximo (3) para cada una de las amenazas identificadas. Este valor es debido a la alta susceptibilidad del sistema hacia cambios frente a las amenazas percibidas en la zona. El páramo es un sistema muy sensible a los cambios climáticos y difíciles de recuperar.

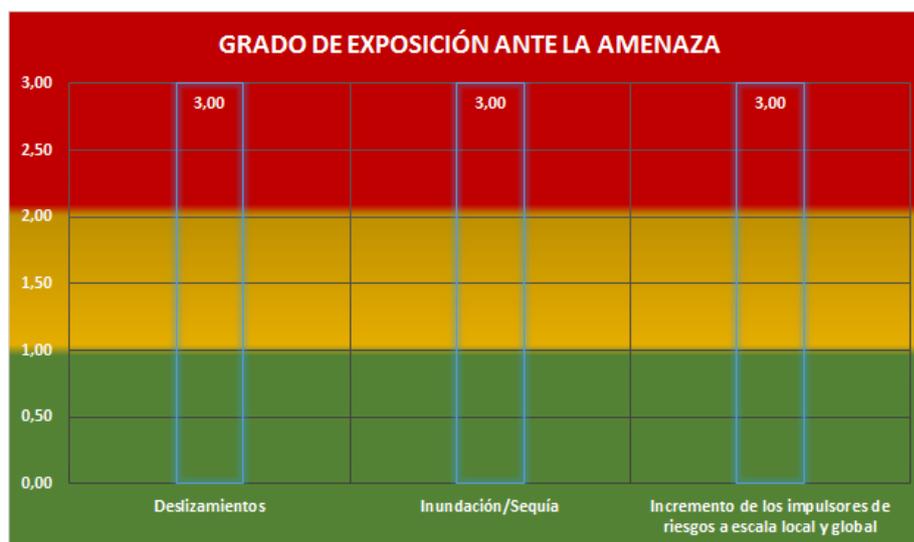


Gráfico 20 Grado de exposición ante las amenazas identificadas.
Elaborado: Carlos Rosero E.

5.2.3.2 Sensibilidad

Según el IPCC 2007 y adaptado para el presente trabajo la Sensibilidad es el grado en el cual el ecosistema de páramo es afectado positiva o negativamente por los estímulos relacionados con el clima. En este estudio, se identificó una sensibilidad actual y futura.

La sensibilidad como se aprecia en el gráfico 21, muestra un grado de sensibilidad Alto para cada una de las amenazas, tóme en cuenta que este grado esta analizado desde un punto de vista presente y futuro; es decir cómo se encuentra en la actualidad el indicador y qué podría pasar con el mismo en un futuro cercano.

En la Tabla 18, se observa el grado de sensibilidad que tiene el ecosistema a través de los indicadores de productividad biológica expuestos a cada una de las amenazas; Deslizamiento, Inundación/sequía e incremento de los impulsores de riesgo a escala local y global, se observa que la amenaza de inundación y sequía podría afectar en mayor grado a la productividad biológica en la zona. Para observar las ponderaciones y el cálculo del dato estandarizado de 1-3 de acuerdo a la definición de escalas ver los Anexos; 2, 3 y 4.

Tabla 18
Índice de sensibilidad resultado Total

AMENAZA	SENSIBILIDAD				NIVEL
Deslizamientos	Indicador	Situación Futura	Situación Presente	Grado de sensibilidad	
		S.1. Porcentaje de carbono orgánico	3,00	2,00	2,50
	S.2. densidad vegetal	3,00	2,00	2,50	Alto
	TOTAL DE EXPOSICIÓN	3,00	2,00	2,50	Alto
AMENAZA	SENSIBILIDAD				NIVEL
Inundación/Sequía	Indicador	Situación Futura	Situación Presente	Grado de sensibilidad	
		S.1. Porcentaje de carbono orgánico	3	3	3,00
	S.2. densidad vegetal	3	3	3,00	Alto
	TOTAL DE EXPOSICIÓN	3,00	3,00	3,00	Alto
AMENAZA	SENSIBILIDAD				NIVEL
Incremento de los impulsores de riesgos a escala local y global	Indicador	Situación Futura	Situación Presente	Grado de sensibilidad	
		S.1. Porcentaje de carbono orgánico	3,00	2	2,50
	S.2. densidad vegetal	3	2	2,50	Alto
	TOTAL DE EXPOSICIÓN	3,00	2,00	2,50	Alto

Nota: Elaborado por Carlos Rosero E. los valores varían al depender de la percepción del técnico y los datos observados anteriormente en el estudio.

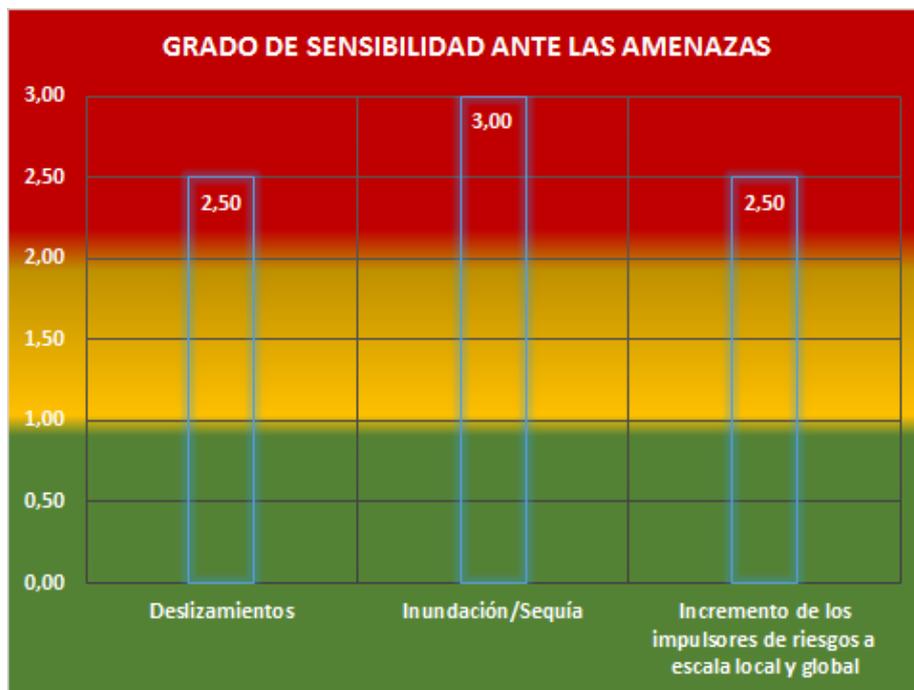


Gráfico 21 Grado de sensibilidad ante la amenazas identificadas.

Nota: Elaborado: Carlos Rosero E.

5.2.3.3 Impacto potencial

De acuerdo a conceptos mencionados por el IPCC 2000 (*sobre el Uso de la Tierra, Cambios en el Uso de la Tierra y Silvicultura*), es necesario tomar en cuenta y diferenciar entre impactos potenciales e impactos residuales. Para este caso de estudio se tomó en cuenta el impacto potencial, es decir; “*Todos los impactos que pueden producirse, dado un cambio climático proyectado, sin tener en cuenta la adaptación*” se concluye que para este estudio es un efecto combinado de la exposición y sensibilidad sobre elementos del Ecosistema, se traduce en el grado de afectación - positiva o negativa- que generarán los estímulos climáticos.

En este elemento de vulnerabilidad se observa un impacto Alto (Gráfico 22), donde la inundación y sequía es un factor de impacto más cercano, probable y de mayor impacto potencial. Para mayor detalle del cálculo en base a la estandarización ver Anexo 5. Donde se multiplica el valor de la exposición por el valor del índice de sensibilidad y se estandariza a valores que van de 1 a 3 para determinar el grado de afectación.

Tabla 19
Grado de impacto potencial para el Ecosistema

AMENAZA	IMPACTO		NIVEL DE IMPACTO
Deslizamientos	Indicador	Grado de impacto	
	S.1. Porcentaje de carbono orgánico	2,50	Alto
	S.2. densidad vegetal	2,50	Alto
	TOTAL DE IMPACTO	2,50	Alto
AMENAZA	IMPACTO		NIVEL DE IMPACTO
Inundación/Sequía	Indicador	Grado de impacto	
	S.1. Porcentaje de carbono orgánico	3,00	Alto
	S.2. densidad vegetal	3,00	Alto
	TOTAL DE IMPACTO	3,00	Alto
AMENAZA	IMPACTO		NIVEL DE IMPACTO
Incremento de los impulsores de riesgos a escala local y global	Indicador	Grado de impacto	
	S.1. Porcentaje de carbono orgánico	2,50	Alto
	S.2. densidad vegetal	2,50	Alto
	TOTAL DE IMPACTO	2,50	Alto

Nota: Elaborado por Carlos Rosero E. los valores determinados hasta la presente son altos debido a la alta susceptibilidad del sistema a los cambios ante las amenazas determinadas en el presente trabajo.

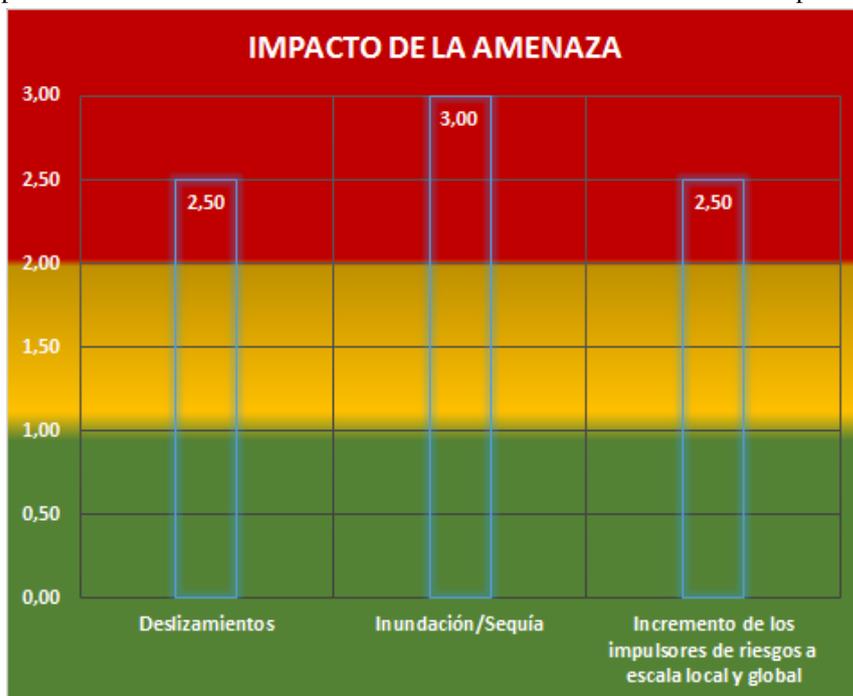


Gráfico 22 Grado de impacto de las amenazas al Ecosistema de Páramo

Nota: Elaborado: Carlos Rosero E.

5.2.3.4 Capacidad de Adaptación

La capacidad de adaptación dentro del contexto del III informe del IPCC es; “la capacidad de un sistema humano o natural para ajustarse al cambio climático (incluida la variabilidad climática y los cambios extremos) a fin de moderar los daños potenciales, aprovechar las consecuencias positivas, o soportar las consecuencias negativas”.

Para el elemento de vulnerabilidad referente a Capacidad de Adaptación del ecosistema de Páramo, está viene dada por las prácticas de conservación ejecutadas en la zona.

En el estudio se identifican 4 indicadores para la capacidad de adaptación, en el Gráfico 23 se observa una capacidad de adaptación media para cada una de las amenazas, esto es debido a que en la zona se han implementado obras de conservación destinadas a la cosecha de agua. Para mayor detalle del cálculo del índice de capacidad de adaptación observar los Anexos 6, 7 y 8, donde se estandarizan los valores en un rango que va de 1 a 3 de acuerdo a la definición de escalas ahí establecidas.

Tabla 20
Grado de capacidad de adaptación para la zona en estudio

AMENAZA	CAPACIDAD DE ADAPTACIÓN		NIVEL
	Indicador	Grado de Capacidad de adaptación	
Deslizamientos	Ca.1. Iniciativas de protección del ecosistema	1,00	bajo
	Ca.2. Sobre utilización de ecosistema	2,00	Medio
	Ca.3. tasa anual de cambio	2,00	Medio
	Ca.4. Pobreza NBI (Necesidades Básicas Insatisfechas)	2,00	Medio
	TOTAL DE IMPACTO	1,75	Medio
	AMENAZA	CAPACIDAD DE ADAPTACIÓN	
	Indicador	Grado de Capacidad de adaptación	
Inundación/Sequía	Ca.1. Iniciativas de protección del ecosistema	3,00	Alto
	Ca.2. Sobre utilización de ecosistema	2,00	Medio
	Ca.3. tasa anual de cambio	2,00	Medio
	Ca.4. Pobreza NBI (Necesidades Básicas Insatisfechas)	1,00	bajo
	TOTAL DE IMPACTO	2,00	Medio
	AMENAZA	CAPACIDAD DE ADAPTACIÓN	
	Indicador	Grado de Capacidad de adaptación	
Incremento de los impulsores de riesgos a escala local y global	Ca.1. Iniciativas de protección del ecosistema	1,00	bajo
	Ca.2. Sobre utilización de ecosistema	1,00	bajo
	Ca.3. tasa anual de cambio	1,00	bajo

	Ca.4. Pobreza NBI (Necesidades Básicas Insatisfechas)	1,00	bajo
	TOTAL DE IMPACTO	1,00	bajo

Nota: Elaborado por Carlos Rosero E. los valores determinados en percepción en base a los análisis determinados en capítulos anteriores se establece niveles que rigen de medio a bajo, debido a que las necesidades eco-sistémicas han sido compensadas en base a proyectos de conservación desarrolladas en la zona en estudio.

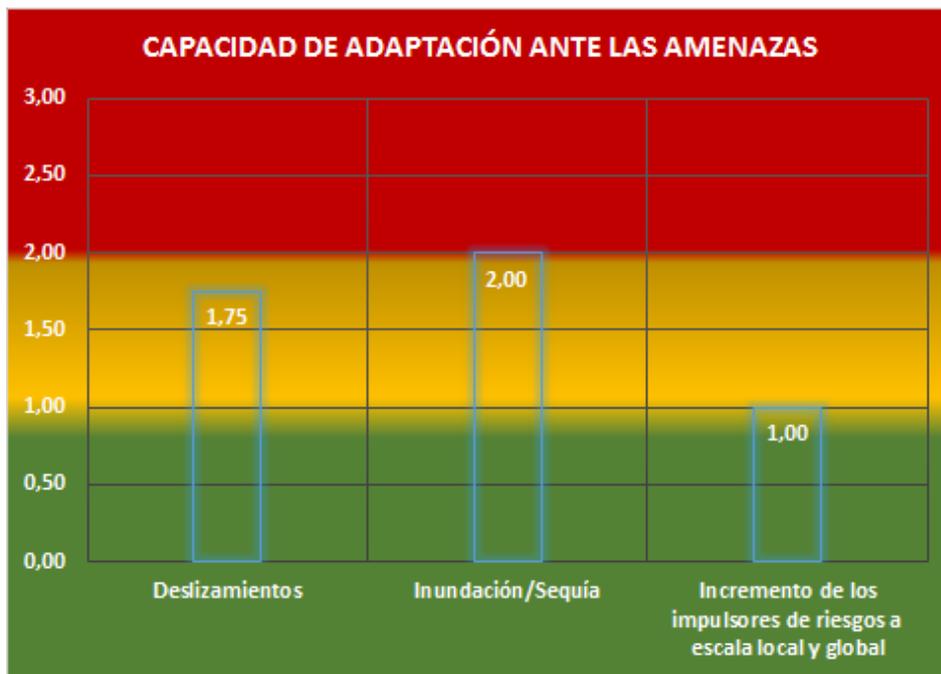


Gráfico 23 Grado de Capacidad de adaptación ante las amenazas del Cambio Climático.

Nota: Elaborado: Carlos Rosero E.

5.2.3.5 Vulnerabilidad Total

Según la conceptualización realizada por la “Guía Metodológica para la evaluación de Vulnerabilidad ante el Cambio Climático”; *“La vulnerabilidad es el conjunto de condiciones físicas, sociales y económicas que inciden en la posibilidad de afectación de las personas, de un sistema social y/o natural, debido a la ocurrencia de fenómenos naturales, y que están en relación con su exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa”*.

Para este caso la vulnerabilidad del ecosistema está evaluada bajo condiciones climáticas, y ambientales (servicios eco-sistémicos) presentes y futuras, creando un impacto potencial el cual está relacionado con la capacidad de adaptación he inciden en la afectación de las personas y el sistema natural. Para mayor detalle del cálculo de este índice en valores que van de 1 a 100 ver Anexo 9, donde se logra establecer una estandarización de los datos para llegar al valor antes descrito (1 a 100), allí se muestra la sumatoria del valor ponderado entre Exposición y sensibilidad lo que equivale al

valor del impacto de la amenaza luego se observa la resta con la capacidad de adaptación lo que equivaldría a la vulnerabilidad para la amenaza. Una vez descrito el valor del índice para cada amenaza se procede a sumar los índices de vulnerabilidad de cada amenaza pero multiplicados por el peso, de esta manera se determina y se normaliza el índice de vulnerabilidad total.

Tabla 21

Escala de interpretación para la vulnerabilidad del ecosistema de Páramo

Escala de Interpretación	
< 20	Muy Baja
20-40	Baja
41-60	Media
61-80	Alta
> 80	Muy Alta

Nota: Elaborado: Carlos Rosero E. esta escala de interpretación se utilizó para determinar el nivel de vulnerabilidad total del ecosistema.

Como se observa en la tabla 21 donde se interpretan los niveles de vulnerabilidad, en el Gráfico 24 se logra visualizar un índice de vulnerabilidad equivalente a 62,5 lo que quiere decir que el ecosistema de Páramo tiene un nivel de vulnerabilidad Alto.

En tabla 22 se observa que las amenazas tanto de Deslizamiento, Sequía e Inundación mantienen un nivel de vulnerabilidad Bajo equivalente a un índice de 33,3 mientras que la amenaza relacionada con el incremento de los impulsores de riesgo a escala global y local tiene un nivel de vulnerabilidad Medio equivalente a un índice del 58,3.

Tabla 22 *Grado de Vulnerabilidad según amenazas establecidas*

AMENAZA	VULNERABILIDAD		NIVEL
	ELEMENTO	INDICE	
Deslizamientos	IMPACTO (EXPOSICIÓN*SENSIBILIDAD)	91,67	Muy Alta
	CAPACIDAD DE ADAPTACIÓN	58,33	Media
	VULNERABILIDAD	33,33	Baja
Inundación/ Sequía	IMPACTO (EXPOSICIÓN*SENSIBILIDAD)	100,00	Muy Alta
	CAPACIDAD DE ADAPTACIÓN	66,67	Alta
	VULNERABILIDAD	33,33	Baja
Incremento de los impulsores de riesgos a escala local y global	IMPACTO (EXPOSICIÓN*SENSIBILIDAD)	91,67	Muy Alta
	CAPACIDAD DE ADAPTACIÓN	33,33	Baja
	VULNERABILIDAD	58,33	Media

Nota: Elaborado por Carlos Rosero E. los valores por cada amenaza se establecen en un índice que va entre 0 a 100, estos valores están detallados en la descripción Tabla 21.

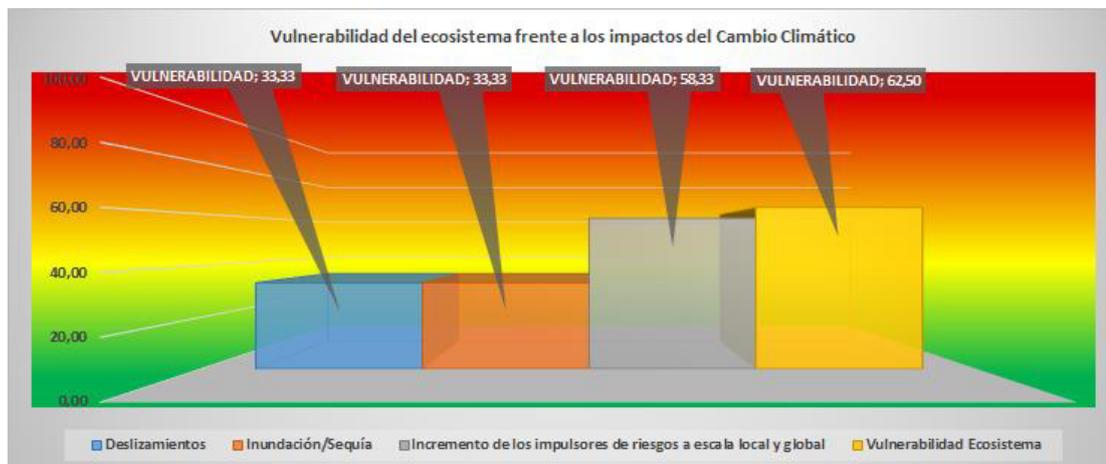


Gráfico 24 Vulnerabilidad del ecosistema de páramo ante las amenazas identificadas del Cambio Climático.

Nota. Elaborado: Carlos Rosero E.

5.3 Medidas de Adaptación Basada en Ecosistemas.

Según la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y de los Recursos Naturales, y el estudio de vulnerabilidad detallado en el capítulo anterior se puede determinar varias medidas de adaptación basada en el ecosistema de Páramo.

Tras la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC), se logra determinar un objetivo estabilizar las concentraciones de gases de efecto invernadero, y esto permitiría que los ecosistemas se adapten naturalmente al Cambio Climático.

De acuerdo al Documento de Adaptación Basada en Ecosistemas (AbE) se logra determinar instrumentos e incentivos económicos para su implementación (Financieros y no Financieros).

A continuación se presenta medidas de adaptación basada en el ecosistema de páramo mediante instrumentos e incentivos económicos y de beneficios múltiples:

Tabla 23*Instrumentos e incentivos económicos (financieros y no financieros)*

<u>INSTRUMENTOS</u>	<u>APLICACIÓN A LA ADAPTACIÓN BASADA EN ECOSISTEMAS (Dentro del contexto de Páramo)</u>
FINANCIEROS	
Pagos por servicios eco-sistémicos (productividad biológica)	Pago para la gestión ambiental (conservación e investigación y desarrollo). Compensación mediante un Incentivo por parte del estado mencionado en el objetivo 1 de Socio Bosque.
Financiamiento de Carbono o Compensación de Biodiversidad	Pagos por almacenamiento de carbono o Pagos Basados en indicadores de productividad biológica. (por lo cual se necesita desarrollar investigación en productividad biológica relacionada con la Productividad Neta del Bioma)
Certificación de productos agrícolas	Certificación a la producción agro-pecuaria, donde los impactos mínimos hacia este tipo de ecosistema sean compensados mediante la certificación y ayuda en mercados nacionales, mercados verdes y ayuda en capacitación y desarrollo.
Reconocimientos a la gestión ambiental-Productiva	Reconocimiento Público a la gestión privada o estatal sobre actividades agro-pecuarias productivas sostenibles.
Impuesto, tasas y cobros a la destrucción del hábitat	Aplicar impuestos, tasas o cobros donde la actividad productiva cause daño al ecosistema.
Cuotas Comunales	Motivar a la comunidad a establecer Cuotas comunales para la gestión, mantenimiento de los servicios eco-sistémicos en la zona.
NO FINANCIEROS	
Ordenamiento Territorial y Tenencia de la Tierra	Determinar el debido uso de tierras, especificación sobre la ley de tierras. Dentro del Programa Socio Bosque el primer objetivo “Lograr la conservación de las áreas de bosques nativos, páramos y otras formaciones vegetales nativas del Ecuador. Reducir las emisiones de gases de efecto invernadero causadas por efecto de la deforestación y contribuir a la mejora de las condiciones de vida de los habitantes de poblaciones rurales asentadas en dichas áreas.”
Sensibilización comunitaria en programas de conservación	Establecer programas de Educación Ambiental, conservación del ecosistema de páramo.
Fortalecimiento Institucional y organización campesina	Priorizar el fortalecimiento Institucional mediante normas y reglamentos internos que se enfoquen al desarrollo comunitario donde sea prioritaria las medidas de conservación. Mantener los canales de comunicación con los gobiernos autónomos descentralizados.
Transferencia de tecnología (comunidad-Escuelas Superiores y Universidades)	Mantener canales de comunicación y participación activa entre instituciones públicas/privadas educativas y Comunidad.

Nota: Elaborado: Carlos Rosero E.

Tabla 24*Medidas de adaptación que proporcionan beneficios múltiples.*

Medidas de adaptación	Fundación adaptativa	Beneficios Múltiples			
		Sociales y Culturales	Económicos	Diversidad Biológica	Mitigación
Conservación del páramo	Mantenimiento de la densidad vegetal	Oportunidades de Recreación. Contribución a la seguridad ambiental y por consiguiente en seguridad alimentaria. Mejoramiento de la tierra reducción de la erosión. Reducción de la sequía e inundaciones.	Beneficios ambientales, Ingresos económicos comunitarios.	Conservación de especies vegetales y aumento de la biodiversidad	Conservación con la reserva de carbono orgánico.
	Mantenimiento del flujo de agua	Provisión sostenida del recurso agua para uso agro-pecuario y para consumo humano	Beneficios ambientales, Incremento de ingresos comunitarios	Incremento de la diversidad biológica.	Conservación con la reserva de carbono orgánico. Reducción de emisiones debido a la mineralización del carbono en el suelo.
	Mantenimiento de los sumideros de carbono	Contribución a la reducción de los niveles de carbono en la atmosfera.	Beneficios ambientales, incremento de ingresos comunitarios	Estabilidad de microclimas con beneficio en la biodiversidad	Conservación con la reserva de carbono orgánico.
Conservación de la diversidad biológica agrícola	Incremento de la diversidad agrícola	Contribución a la seguridad alimentaria	Incremento de ingresos comunitarios	Fortalecimiento a la diversidad agrícola	Almacenamiento de carbono del suelo.
Conservación de los bosques comunitarios	Mantenimiento del flujo de nutrientes, establecer cortinas rompe vientos y ayudar al equilibrio de microclimas	Contribución a generar microclimas óptimos para la siembra y cosecha.	Incremento de ingresos comunitarios	Estabilidad de microclimas con beneficio en la biodiversidad	Almacenamiento de carbono.

Nota: Elaborado: Carlos Rosero E.

En la tabla 23 se observa los instrumentos para que las medidas de adaptación basadas en ecosistemas, en este caso el ecosistema de páramo, funcione de manera efectiva, la realización o la ejecución de las medidas de adaptación las cuales se fundamentan en

la tabla 24, establece 3 ejes principales donde las medidas a gran escala se basan en: La conservación del páramo, Conservación de la diversidad biológica agrícola y Conservación de los bosques comunitarios.

Estas medidas de adaptación globales se relacionan con la realidad local sustentada en el análisis de la tasa anual de cambio de este ecosistema, donde se muestra que los bosques y la actividad agro-pecuaria son los principales causantes del retroceso de este ecosistema.

Además las medidas presentadas se fundamentan con las amenazas detectadas para el ecosistema páramo realizadas en el análisis de vulnerabilidad es decir: Deslizamientos, Inundación/Sequía, Impulsores del riesgo a escala local y regional.

6. Conclusiones

Se estableció la zona de estudio equivalente a 2668 hectáreas de páramo donde la vegetación predominante es de tipo Pasto, mientras que en menor escala es determinada por la vegetación de tipo almohadilla, donde la precipitación establecida por el modelo bioclimático oscila en el año entre los 25 y 178 mm, la temperatura va desde los 3 grados Celsius hasta los 11 grados Celsius, además se identificaron 5 estaciones meteorológicas cercanas (M390, M268, M400, M243, M380) donde la estación M390 (Urbina) fue la más representativa. Esta estación tiene un 34% de vacíos en lo referente a precipitación en un periodo desde el año 1963 hasta el 2012, por lo cual se determinó un relleno mediante el logaritmo EM el cual generó una media para ese periodo equivalente a 81,91 mm, Se determinó de igual manera el índice estandarizado de precipitación para el periodo en análisis el cual estableció una presencia en mayor grado de la condición de “Ligeramente Húmedo” y “Ligeramente Seco” y su línea de tendencia en orden creciente. El modelo Climático TL959 determinó un aumento de las precipitaciones y un aumento en casi 1 grado centígrado para el futuro cercano determinado en un periodo del 2015 al 2039. La generación de un modelo determinístico IDW sobre datos de carbono orgánico en pasto, pasto raíz, Almohadilla, Almohadilla raíz, suelo 1 y suelo 2 recolectados en una zona pequeña nos brinda una primera observación del comportamiento del carbono orgánico almacenado, donde los valores son crecientes a mas altitud. El cambio de la cobertura vegetal determinado por las actividades agropecuarias en el periodo de 1990-2000 fue del 24% de pérdida de cobertura de páramo frente al 2% de perdida de cobertura debido a procesos relacionados con plantaciones forestales, mientras que en el periodo del 2000 al 2008 se ha perdido cobertura de páramo en tan solo un 4% debido a las actividades agropecuarias.

Para el análisis metodológico de vulnerabilidad en el ecosistema de Páramo se utilizó la conceptualización realizada por “La Guía Metodológica para la evaluación de la

vulnerabilidad ante el Cambio Climático”. Se establecieron 8 indicadores de vulnerabilidad (Exposición del ecosistema a la amenaza, Exposición del ecosistema a la intensidad y frecuencia de la amenaza, Porcentaje de carbono orgánico, densidad vegetal, Iniciativas de Protección del ecosistema, sobreutilización del ecosistema, tasa anual de cambio, pobreza) 3 amenazas (Deslizamiento, Sequía-Inundación, Incremento de los impulsores de riesgo a escala local y global), donde se estimaron índices de vulnerabilidad estandarizados a una escala de 1 a 3 (1: bajo, 2: medio y 3: Alto) para los elementos de vulnerabilidad y para establecer la vulnerabilidad total se estableció un índice de (0 a100). El resultado fue equivalente a un índice de 62,5 siendo así un nivel de vulnerabilidad Alto donde la amenaza del incremento de los impulsores de riesgo a escala local y global tiene un mayor grado de impacto al ecosistema.

Para establecer las medidas de adaptación basadas en ecosistemas se proponen un número de instrumentos para la aplicación de la adaptación. Estos instrumentos están basados en acuerdos o la implementación de mecanismos financieros y no financieros los cuales ayudarán a la ejecución de los proyectos de adaptación. Se establecieron 3 medidas globales de adaptación: Conservación de Páramos, Conservación de la diversidad biológica agrícola, Conservación de los bosques comunitarios. Estas medidas van de acuerdo al estudio de vulnerabilidad establecido y la realidad local.

7. Recomendaciones

Es necesario tomar en cuenta que para un estudio actualizado de variables de temperatura, precipitación o a su vez de evapotranspiración, se lo haga en campo en los mismos sitios de muestreo, si es necesario tomar en cuenta estudios del clima a tiempo real, la estación meteorológica M390 (Urbina) es crucial para la evaluación de estas variables, los datos de carbono y densidad vegetal debe realizarse en un área más amplia donde se recomienda realizar un análisis en ecosistema a nivel de Productividad Neta del Bioma (PNB) para poder establecer medidas de mitigación claras y proponer ayuda internacional.

El estudio de Vulnerabilidad debe ser ajustado a necesidades comunitarias pero sin perder de vista los indicadores principales relacionados con la productividad biológica, ya que este último estará ligado a evaluaciones futuras y determinar cómo ha cambiado la vulnerabilidad en este ecosistema.

Las medidas de adaptación basada en ecosistemas si bien es cierto necesitan de mecanismos financieros y no financieros deben ser tomados en cuenta con gran interés para determinarlos como mecanismos de gestión pública, de esta manera realizar obras de conservación mediante proyectos encaminados a la buena adaptación y mitigación al Cambio Climático.

8. Bibliografía

1. Bravo L. Sajo-Castelli A.M. 2016. Journal of Statistical Software. “An Integrated Data Management Tool for Venezuelan Meteorological Data” Algoritmo E-M (Esperanza-Maximización). *En proceso de revisión a cargo de la revista Journal Of Statistical Software 22-02.2016.*
2. Cazalac. 2005. Centro del Agua para Zonas Áridas de América Latina y el Caribe. Guía metodológica para la elaboración del mapa de zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas de América Latina y El Caribe”. Chile. 66 pp. DOI: 92 9089 088 6. Disponible: <http://unesdoc.unesco.org/images/0022/002281/228113s.pdf>
3. Centro de Cambio Global, CASEB, Ecología Diversidad Sociedad. “Estudio de Vulnerabilidad de la Biodiversidad Terrestre en la Eco-Región Mediterránea, a nivel de Ecosistemas y especies, y medidas de adaptación Frente a escenarios de Cambio Climático”. Consultado 01-Oct-2015. Disponible: http://www.sinia.cl/1292/articles-50188_recurso_4.pdf.
4. Chimborazo O. Guitarra S. 2010. Ministerio del Ambiente e Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. “Escenarios de Cambio Climático con la salidas del Modelo TL959”.
5. Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Grupo de trabajo III. IPCC. 2000. “Informe especial del IPCC Escenarios de emisiones, Resumen para responsables de políticas”. Pg 4. Consultado. 20 Nov 2015. Disponible: <https://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/spm/sres-sp.pdf>.
6. Haro F. 2012. “Determinación de Carbono Orgánico en la biomasa y suelo del páramo de la comunidad Pichán central San Isidro”. Tesis. Ingeniería en Biotecnología Ambiental”. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Pg.77
7. IPCC. 2013. Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Grupo de Trabajo I. Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. “Cambio Climático “Base de ciencia física”, Afirmaciones principales del Resumen para responsables de políticas.
8. Lhumeau A, Cordero D. (2012). Adaptación basada en Ecosistemas: una respuesta al cambio climático. UICN, Quito, Ecuador. 17 pp. UICN. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y de los Recursos Naturales. Oficina Regional para America del Sur. “Adaptación Basada en Ecosistemas Una respuesta al Cambio Climático”.
9. Magaña V. 2012. “Guía Metodológica para la Evaluación de la vulnerabilidad ante Cambio Climático”. Estudio realizado en el marco del Proyecto de la Quinta Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático (UNFCCC), coordinado por el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) con recursos del Global Environment Facility (GEF), a través del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). Consultado 01-Oct-2015. Disponible: http://www.inecc.gob.mx/descargas/cclimatico/2012_estudio_cc_vyagef3.pdf

10. Mckee T, Nolan J. Doeken, Kleist J. 1993. Methodology SPI. Colorado Climate Center Atmospheric Science Department. Colorado State University. Consultado 15 Oct-2015 Disponible: <http://ccc.atmos.colostate.edu/pub/spi.pdf>
11. Medina, G. y Mena---Vásconez, P. (2001). Los Páramos en El Ecuador. En: *Los Páramos del Ecuador*. (eds. Mena---Vásconez, P., Medina, G. y Hofstede, R.) Abya Yala/Proyecto Páramo, Quito, pp. 1---23.
12. Ministerio del Ambiente, (2012): / Línea Base de Deforestación del Ecuador Continental, Quito-Ecuador. Shapes (Mapa de cobertura vegetal 1990, 2000 y 2008). WGS 84. 17sur.
13. Narváez I. FLACSO. 2010, EcoCiencia, Proyecto Páramo Andino, La Dimensión Ambiental en la constitución de la República del Ecuador.
14. Oliver J. Probst K. Renner I. Riha K. 2012. (GIZ). Medio Ambiente y Cambio Climático, “Adaptación basada en los ecosistemas (AbE). Un nuevo enfoque para promover soluciones naturales para la adaptación al Cambio Climático en diferentes sectores”
15. Organización Mundial de Meteorología (OMM) 2012. “Índice Normalizado de Precipitación Guía de usuario”. Consultado 30-Nov-2015. Disponible: http://www.droughtmanagement.info/literature/WMO_standardized_precipitation_index_user_guide_es_2012.pdf. Pg. 4, 5.
16. Pizarro, R. *et al.* 1993. Elementos técnicos de hidrología III. Proyecto regional mayor sobre uso y conservación de recursos hídricos en áreas rurales de América latina y el caribe. Talca:Universidad de Talca. 135 pp.
17. Puyravaud J. 2003. Standardizing the calculation of the annual rate of deforestation. *Forest Ecology and Management*. Doi:177:593-596. Consultado 02-Oct-2015. Disponible: https://www.researchgate.net/publication/222414281_Standardizing_the_calculation_of_the_annual_rate_of_deforestation.
18. Tapia R., Tapia P., Garrido D., Poll C. Universidad de Talca, Facultad de Ciencias Forestales, Departamento de Gestión Forestales y Ambientales. “Evaluación de Métodos hidrológicos para la completación de Datos Faltantes de Precipitación en estaciones pluviográficas de la VII Región del Maule, Chile. Consultado 15 Oct-2015. Disponible: http://eias.utralca.cl/Docs/pdf/Publicaciones/articulos_cientificos/pizarro_ausensi_aravena_sanguesa.pdf
19. Walter V. Reid, Harold A. Mooney, Angela Cropper, Doris Capistrano, Stephen R. Carpenter, Kanchan Chopra, Partha Dasgupta, Thomas Dietz, Anantha Kumar Duraiappah, Rashid Hassan, Roger Kasperson, Rik Leemans, Robert M. May, Tony (A.J.) McMichael, Prabhu Pingali, Cristián Samper, Robert Scholes, Robert T. Watson, A.H. Zakri, Zhao Shidong, Neville J. Ash, Elena Bennett, Pushpam Kumar, Marcus J. Lee, Ciara Raudsepp-Hearne, Henk Simons, Jillian Thonell, and Monika B. Zurek Millennium Ecosystem Assessment. 2005 “Evaluación de los Ecosistemas del Milenio. Informe final. Borrador final.” Consultado 01-Oct-2015. Disponible: <http://www.millenniumassessment.org/documents/document.439.aspx.pdf>

9. Anexos.

Anexo 1. Vulnerabilidad (Cálculo del elemento de Exposición a Deslizamientos, Inundación/Sequía, Incremento de los impulsores de riesgo a escala local y global)

Deslizamientos								
Indicador	Relación del indicador con la dimensión de EXPOSICIÓN	Definición de escalas			Escala	Ponderación	Valor/calificación	EXPOSICIÓN
		1: Bajo	2: Media	3: Alta				
E.1. Exposición del ecosistema a la amenaza	Mientras más territorio del ecosistema de páramo está expuesto a cambios del uso de suelo	No existe una mayor exposición a la amenaza	Existe una exposición media a la amenaza	Existe una alta exposición a la amenaza	(1-3)	0,50	3	1,50
E.2. Exposición del ecosistema a la intensidad y frecuencia de las amenaza (SPI-TL959)	Si el nivel e intensidad y frecuencia futuro de las amenazas será mayor al actual la exposición será mayor.	No existe un aumento ni disminución de la amenaza	Existe un aumento de la intensidad o frecuencia de la amenaza	Existe un incremento considerable de la amenaza	(1-3)	0,50	3	1,50
TOTAL DE EXPOSICIÓN								3,00
Inundación/Sequía								
Indicador	Relación del indicador con la dimensión de EXPOSICIÓN	Definición de escalas			Escala	Ponderación	Valor/calificación	EXPOSICIÓN
		1: Bajo	2: Media	3: Alta				
E.1. Exposición del ecosistema a la amenaza	Mientras más territorio del ecosistema de páramo está expuesto a cambios del uso de suelo	No existe una mayor exposición a la amenaza	Existe una exposición media a la amenaza	Existe una alta exposición a la amenaza	(1-3)	0,50	3	1,50
E.2. Exposición del ecosistema a la intensidad y frecuencia de las amenaza (SPI-TL959)	Si el nivel e intensidad y frecuencia futuro de las amenazas será mayor al actual la exposición será mayor.	No existe un aumento ni disminución de la amenaza	Existe un aumento de la intensidad o frecuencia de la amenaza	Existe un incremento considerable de la amenaza	(1-3)	0,50	3	1,50
TOTAL DE EXPOSICIÓN								3,00
Incremento de los impulsores de riesgos a escala local y global								
Indicador	Relación del indicador con la dimensión de EXPOSICIÓN	Definición de escalas			Escala	Ponderación	Valor/calificación	EXPOSICIÓN
		1: Bajo	2: Media	3: Alta				
E.1. Exposición del ecosistema a la amenaza	Mientras más territorio del ecosistema de páramo está expuesto a cambios del uso de suelo	No existe una mayor exposición a la amenaza	Existe una exposición media a la amenaza	Existe una alta exposición a la amenaza	(1-3)	0,50	3	1,50
E.2. Exposición del ecosistema a la intensidad y frecuencia de las amenaza (SPI-TL959)	Si el nivel e intensidad y frecuencia futuro de las amenazas será mayor al actual la exposición será mayor.	No existe un aumento ni disminución de la amenaza	Existe un aumento de la intensidad o frecuencia de la amenaza	Existe un incremento considerable de la amenaza	(1-3)	0,50	3	1,50
TOTAL DE EXPOSICIÓN								3,00

Anexo 2. Vulnerabilidad (Cálculo del elemento de sensibilidad ante Deslizamientos *Situación presente y futura*)

AMENAZA:		Deslizamientos							
SITUACIÓN FUTURA (2015-2039)									
Codigo	Indicador	Relación del indicador con la dimensión de EXPOSICIÓN	Definición de escalas			Escala	Ponderación	Valor/calificación	SENSIBILIDAD
			1: Bajo	2: Media	3: Alta				
E.1	S.1. Porcentaje de carbono orgánico	Los servicios eco sistémicos se verán afectados, es decir a menor captación de carbono mayor será la sensibilidad	Los niveles de carbono retenido aumentarán o seguirán manteniéndose	Los niveles de carbono han disminuido en niveles medios	Los niveles de carbono retenido han disminuido considerablemente.	(1-3)	0,50	3	1,50
E.2	S.2. densidad vegetal	Los servicios eco sistémicos se verán afectados, es decir a menor densidad vegetal, mayor será la sensibilidad	La densidad de flora no disminuirá, probablemente se mantendrá	Los niveles de diversidad vegetal disminuirán a casi la mitad	La densidad vegetal disminuirá considerablemente	(1-3)	0,50	3	1,50
TOTAL DE SENSIBILIDAD FUTURA								3,00	

Deslizamientos									TOTAL
SITUACIÓN ACTUAL									
Indicador	Relación del indicador con la dimensión de EXPOSICIÓN	Definición de escalas			Escala	Ponderación	Valor/calificación	SENSIBILIDAD	
		1: Bajo	2: Media	3: Alta					
S.1. Porcentaje de carbono orgánico	Los servicios eco sistémicos están afectados, es decir existe poca captación de carbono, por lo que mayor será la sensibilidad	Los niveles de carbono retenido están manteniéndose	Los niveles de carbono están en proceso de reducción	Los niveles de carbono retenido se están reduciendo considerablemente.	(1-3)	0,50	2	1,00	2,50
S.2. densidad vegetal	Los servicios eco sistémicos están afectados, es decir que a menor densidad vegetal, mayor será la sensibilidad	La densidad de flora no disminuirá, probablemente se mantendrá	Los niveles de densidad vegetal están disminuyendo	La densidad vegetal están disminuyendo considerablemente	(1-3)	0,50	2	1,00	2,50
TOTAL DE SENSIBILIDAD ACTUAL							2,00		
TOTAL DE SENSIBILIDAD A									2,50

Anexo 3. Vulnerabilidad (Calculo del elemento de sensibilidad ante Inundación/Sequía *Situación presente y futura*)

AMENAZA :		Inundación/Sequía							
SITUACIÓN FUTURA (2015-2039)									
Codigo	Indicador	Relación del indicador con la dimensión de EXPOSICIÓN	Definición de escalas			Escala	Ponderación	Valor/calificación	SENSIBILIDAD
			1: Bajo	2: Media	3: Alta				
E.1	S.1. Porcentaje de carbono orgánico	Los servicios eco sistémicos se verán afectados, es decir a menor captación de carbono mayor será la sensibilidad	Los niveles de carbono retenido aumentarán o seguirán manteniéndose	Los niveles de carbono han disminuido en niveles medios	Los niveles de carbono retenido han disminuido considerablemente.	(1-3)	0,50	3	1,50
E.3	S.2. densidad vegetal	Los servicios eco sistémicos se verán afectados, es decir a menor densidad vegetal, mayor será la sensibilidad	La densidad de flora no disminuirá, probablemente se mantendrá	Los niveles de diversidad vegetal disminuirán a casi la mitad	La densidad vegetal disminuirá considerablemente	(1-3)	0,50	3	1,50
TOTAL DE SENSIBILIDAD								3,00	

Inundación/Sequía									TOTAL
SITUACIÓN ACTUAL									
Indicador	Relación del indicador con la dimensión de EXPOSICIÓN	Definición de escalas			Escala	Ponderación	Valor/calificación	SENSIBILIDAD	
		1: Bajo	2: Media	3: Alta					
S.1. Porcentaje de carbono orgánico	Los servicios eco sistémicos están afectados, es decir existe poca captación de carbono, por lo que mayor será la sensibilidad	Los niveles de carbono retenido están manteniéndose	Los niveles de carbono están en proceso de reducción	Los niveles de carbono retenido se están reduciendo considerablemente.	(1-3)	0,50	3	1,50	3,00
S.2. densidad vegetal	Los servicios eco sistémicos están afectados, es decir que a menor densidad vegetal, mayor será la sensibilidad	La densidad de flora no disminuirá, probablemente se mantendrá	Los niveles de densidad vegetal están disminuyendo	La densidad vegetal están disminuyendo considerablemente	(1-3)	0,50	3	1,50	3,00
TOTAL DE SENSIBILIDAD ACTUAL							3,00		
TOTAL DE SENSIBILIDAD A									3,00

Anexo 4. Vulnerabilidad (Calculo del elemento de sensibilidad ante el Incremento de los impulsores de riesgo a escala local y global *Situación presente y futura*)

Incremento de los impulsores de riesgos a escala local y global										
SITUACIÓN FUTURA (2015-2039)										
Codigo	Indicador	Relación del indicador con la dimensión de EXPOSICIÓN	Definición de escalas			Escala	Ponderación	Valor/calificación	SENSIBILIDAD	
			1: Bajo	2: Media	3: Alta					
E.1	S.1. Porcentaje de carbono orgánico	Los servicios eco sistémicos se verán afectados, es decir a menor captación de carbono mayor será la sensibilidad	Los niveles de carbono retenido aumentarán o seguirán manteniéndose	Los niveles de carbono han disminuido en niveles medios	Los niveles de carbono retenido han disminuido considerablemente.	(1-3)	0,50	3	1,50	
E.3	S.2. densidad vegetal	Los servicios eco sistémicos se verán afectados, es decir a menor densidad vegetal, mayor será la sensibilidad	La densidad de flora no disminuirá, probablemente se mantendrá	Los niveles de diversidad vegetal disminuirán a casi la mitad	La densidad vegetal disminuirá considerablemente	(1-3)	0,50	3	1,50	
TOTAL DE SENSIBILIDAD								3,00		

Incremento de los impulsores de riesgos a escala local y global										
SITUACIÓN ACTUAL										
Indicador	Relación del indicador con la dimensión de EXPOSICIÓN	Definición de escalas			Escala	Ponderación	Valor/calificación	SENSIBILIDAD	TOTAL	
		1: Bajo	2: Media	3: Alta						
S.1. Porcentaje de carbono orgánico	Los servicios eco sistémicos están afectados, es decir existe poca captación de carbono, por lo que mayor será la sensibilidad	Los niveles de carbono retenido están manteniéndose	Los niveles de carbono están en proceso de reducción	Los niveles de carbono retenido se están reduciendo considerablemente.	(1-3)	0,50	2	1,00	2,50	
S.2. densidad vegetal	Los servicios eco sistémicos están afectados, es decir que a menor densidad vegetal, mayor será la sensibilidad	La densidad de flora no disminuirá, probablemente se mantendrá	Los niveles de densidad vegetal están disminuyendo	La densidad vegetal están disminuyendo considerablemente	(1-3)	0,50	2	1,00	2,50	
TOTAL DE SENSIBILIDAD ACTUAL							2,00			
TOTAL DE SENSIBILIDAD									2,50	

Anexo 5. Vulnerabilidad (Cálculo del elemento de Impacto Potencial para Deslizamientos, Inundación/Sequía, Incremento de los impulsores de riesgo a escala local y global)

Deslizamientos					
IMPACTO	Código	Indicadores	Índice Exposición	Índice de Sensibilidad	Impacto
(Efecto combinado de la exposición y sensibilidad sobre el ecosistema. Se traduce en el grado de afectación -positiva o negativa- que generarán los estímulos climáticos.)	S.1	S.1. Porcentaje de carbono orgánico	3,00	2,50	2,50
	S.2	S.2. densidad vegetal	3,00	2,50	2,50
					2,50

Inundación/Sequía					
IMPACTO	Código	Indicadores	Índice Exposición	Índice de Sensibilidad	Impacto
(Efecto combinado de la exposición y sensibilidad sobre el ecosistema. Se traduce en el grado de afectación -positiva o negativa- que generarán los estímulos climáticos.)	S.1	S.1. Porcentaje de carbono orgánico	3,00	3,00	3,00
	S.2	S.2. densidad vegetal	3,00	3,00	3,00
					3,00

Incremento de los impulsores de riesgos a escala local y global					
IMPACTO	Código	Indicadores	Índice Exposición	Índice de Sensibilidad	Impacto
(Efecto combinado de la exposición y sensibilidad sobre el ecosistema. Se traduce en el grado de afectación -positiva o negativa- que generarán los estímulos climáticos.)	S.1	S.1. Porcentaje de carbono orgánico	3,00	2,50	2,50
	S.2	S.2. densidad vegetal	3,00	2,50	2,50
					2,50

IMPACTO TOTAL		NIVEL
Deslizamientos	2,50	Alto
Inundación/Sequía	3,00	Alto
Incremento de los impulsores de riesgos a escala local y global	2,50	Alto

Anexo 6. Vulnerabilidad (Cálculo del Elemento de Capacidad de Adaptación a Deslizamientos)

AMENAZA : Deslizamientos									
Código	Indicador	Relación del indicador con la dimensión de EXPOSICIÓN	Definición de escalas			Escala	Ponderación	Valor/ calificación	CAPACIDAD DE ADAPTACIÓN
			1: Bajo	2: Media	3: Alta				
Ca.1	Iniciativas de protección del ecosistema	El Ecosistema de páramo, es fundamental para la provisión de servicios ecosistémicos a la población, en especial la regulación de agua para consumo humano y riego, mientras mas iniciativas la capacidad de adaptación será mayor	Existen iniciativas de protección de áreas de interés hídrico, acuerdos de conservación, etc.) a nivel de idea o diseño (con respecto a la amenaza en estudio)	Existen iniciativas de protección de áreas de interés hídrico, acuerdos de conservación, etc.) a nivel declarativo que no garantizan la implementaciones de acciones para la conservación de ecosistemas (con respecto a la amenaza en estudio)	Existen iniciativas de protección de áreas de interés hídrico, acuerdos de conservación, etc.) que implementan acciones concretas para apoyar la conservación/restauración de ecosistemas (con respecto a la amenaza en estudio)	(1-3)	0,25	1	0,25
Ca.2	Sobre utilización de ecosistema	El porcentaje de sobre-utilización del ecosistema de páramo da una muestra del estado de conservación del mismo.	Hasta una cuarta parte del territorio del ecosistema de páramo experimenta sobre uso del suelo, (análisis con respecto a la amenaza en estudio)	Hasta la mitad del territorio del ecosistema de páramo experimenta sobre uso del suelo (análisis con respecto a la amenaza en estudio)	Más de la mitad del territorio del ecosistema de páramo experimenta sobre uso del suelo (análisis con respecto a la amenaza en estudio)	(1-3)	0,25	2	0,50
Ca.3	tasa anual de cambio	El ecosistema de páramo es fundamental para la provisión de servicios ecosistémicos, por lo tanto, en la medida que la protección de remanentes de este ecosistema estaría facilitando la provisión de servicios ecosistémicos a la población, en especial la regulación de agua y con ello garantizar una base para el desempeño de medidas de adaptación.	No existe cambio de uso en suelos en el ecosistema de páramo (debido a la amenaza en análisis)	La TAC en suelos de ecosistemas páramo, es menor que la TAC a nivel nacional (debido a la amenaza en análisis)	La TAC en suelos de ecosistemas páramo a, es igual o casi igual a la TAC a nivel nacional (debido a la amenaza en análisis)	(1-3)	0,25	2	0,50
Ca.4	Pobreza NBI (Necesidades Básicas Insatisfechas)	Según las consideraciones realizadas en la Evaluación de Ecosistemas del Milenio, la degradación del ecosistema está contribuyendo a al aumento de las desigualdades y disparidades entre los grupos de personas, lo que, en ocasiones, es el principal factor causante de la pobreza y del conflicto social.	Más la mitad de la población experimenta pobreza extrema (con respecto al aumento de la amenaza en análisis)	Hasta la mitad de la población experimenta pobreza extrema (con respecto al aumento de la amenaza en análisis)	Hasta una cuarta parte de la población experimenta pobreza extrema (con respecto al aumento de la amenaza en análisis)	(1-3)	0,25	2	0,50
									1,75

Anexo 7. Vulnerabilidad (Cálculo del Elemento de Capacidad de Adaptación a Inundación/Sequías)

AMENAZA :		Inundación/Sequía							
Código	Indicador	Relación del indicador con la dimensión de EXPOSICIÓN	Definición de escalas			Escala	Ponderación	Valor/calificación	CAPACIDAD DE ADAPTACIÓN
			1: Bajo	2: Media	3: Alta				
Ca.1	Ca.1. Iniciativas de protección del ecosistema	El Ecosistema de páramo, es fundamental para la provisión de servicios eco sistémicos a la población, en especial la regulación de agua para consumo humano y riego, mientras más iniciativas la capacidad de adaptación será mayor	Existen iniciativas de protección de áreas de interés hídrico, acuerdos de conservación, etc.) a nivel de idea o diseño (con respecto a la amenaza en estudio)	Existen iniciativas de protección de áreas de interés hídrico, acuerdos de conservación, etc.) a nivel declarativo que no garantizan la implementaciones de acciones para la conservación de ecosistemas (con respecto a la amenaza en estudio)	Existen iniciativas de protección de áreas de interés hídrico, acuerdos de conservación, etc.) que implementan acciones concretas para apoyar la conservación/restauración de ecosistemas (con respecto a la amenaza en estudio)	(1-3)	0,25	3	0,75
Ca.2	Ca.2. Sobre utilización de ecosistema	El porcentaje de sobre-utilización del ecosistema de páramo da una muestra del estado de conservación del mismo.	Hasta una cuarta parte del territorio del ecosistema de páramo experimenta sobre uso del suelo, (análisis con respecto a la amenaza en estudio)	Hasta la mitad del territorio del ecosistema de páramo experimenta sobre uso del suelo (análisis con respecto a la amenaza en estudio)	Más de la mitad del territorio del ecosistema de páramo experimenta sobre uso del suelo (análisis con respecto a la amenaza en estudio)	(1-3)	0,25	2	0,50
Ca.3	Ca.3. tasa anual de cambio	El ecosistema de páramo es fundamental para la provisión de servicios eco sistémicos, por lo tanto, en la medida que la protección de remanentes de este ecosistema estaría facilitando la provisión de servicios eco sistémicos a la población, en especial la regulación de agua y con ello garantizar una base para el desempeño de medidas de adaptación.	No existe cambio de uso en suelos en el ecosistema de páramo (debido a la amenaza en análisis)	La TAC en suelos de ecosistemas páramo, es menor que la TAC a nivel nacional (debido a la amenaza en análisis)	La TAC en suelos de ecosistemas páramo a, es igual o casi igual a la TAC a nivel nacional (debido a la amenaza en análisis)	(1-3)	0,25	2	0,50
Ca.4	Ca.4. Pobreza NBI (Necesidades Básicas Insatisfechas)	Según las consideraciones realizadas en la Evaluación de Ecosistemas del Milenio, la degradación del ecosistema está contribuyendo a al aumento de las desigualdades y disparidades entre los grupos de personas, lo que, en ocasiones, es el principal factor causante de la pobreza y del conflicto social.	Mas la mitad de la población experimenta pobreza extrema (con respecto al aumento de la amenaza en análisis)	Hasta la mitad de la población experimenta pobreza extrema (con respecto al aumento de la amenaza en análisis)	Hasta una cuarta parte de la población experimenta pobreza extrema (con respecto al aumento de la amenaza en análisis)	(1-3)	0,25	1	0,25
									2,00

Anexo 8. Vulnerabilidad (Cálculo del Elemento de Capacidad de Adaptación al Incremento de los impulsores de riesgo a escala local y global)

AMENAZA :		Incremento de los impulsores de riesgos a escala local y global							
Código	Indicador	Relación del indicador con la dimensión de EXPOSICIÓN	Definición de escalas			Escala	Ponderación	Valor/calificación	CAPACIDAD DE ADAPTACIÓN
			1: Bajo	2: Media	3: Alta				
Ca.1	Ca.1. Iniciativas de protección del ecosistema	El Ecosistema de páramo, es fundamental para la provisión de servicios eco sistémicos a la población, en especial la regulación de agua para consumo humano y riego, mientras más iniciativas la capacidad de adaptación será mayor	Existen iniciativas de protección de áreas de interés hídrico, acuerdos de conservación, etc.) a nivel de idea o diseño (con respecto a la amenaza en estudio)	Existen iniciativas de protección de áreas de interés hídrico, acuerdos de conservación, etc.) a nivel declarativo que no garantizan la implementaciones de acciones para la conservación de ecosistemas (con respecto a la amenaza en estudio)	Existen iniciativas de protección de áreas de interés hídrico, acuerdos de conservación, etc.) que implementan acciones concretas para apoyar la conservación/restauración de ecosistemas (con respecto a la amenaza en estudio)	(1-3)	0,25	1	0,25
Ca.2	Ca.2. Sobre utilización de ecosistema	El porcentaje de sobre-utilización del ecosistema de páramo da una muestra del estado de conservación del mismo.	Hasta una cuarta parte del territorio del ecosistema de páramo experimenta sobre uso del suelo, (análisis con respecto a la amenaza en estudio)	Hasta la mitad del territorio del ecosistema de páramo experimenta sobre uso del suelo (análisis con respecto a la amenaza en estudio)	Más de la mitad del territorio del ecosistema de páramo experimenta sobre uso del suelo (análisis con respecto a la amenaza en estudio)	(1-3)	0,25	1	0,25
Ca.3	Ca.3. tasa anual de cambio	El ecosistema de páramo es fundamental para la provisión de servicios eco sistémicos, por lo tanto, en la medida que la protección de remanentes de este ecosistema estaría facilitando la provisión de servicios eco sistémicos a la población, en especial la regulación de agua y con ello garantizar una base para el desempeño de medidas de adaptación.	No existe cambio de uso en suelos en el ecosistema de páramo (debido a la amenaza en análisis)	La TAC en suelos de ecosistemas páramo, es menor que la TAC a nivel nacional (debido a la amenaza en análisis)	La TAC en suelos de ecosistemas páramo a, es igual o casi igual a la TAC a nivel nacional (debido a la amenaza en análisis)	(1-3)	0,25	1	0,25
Ca.4	Ca.4. Pobreza NBI (Necesidades Básicas Insatisfechas)	Según las consideraciones realizadas en la Evaluación de Ecosistemas del Milenio, la degradación del ecosistema está contribuyendo a al aumento de las desigualdades y disparidades entre los grupos de personas, lo que, en ocasiones, es el principal factor causante de la pobreza y del conflicto social.	Mas la mitad de la población experimenta pobreza extrema (con respecto al aumento de la amenaza en análisis)	Hasta la mitad de la población experimenta pobreza extrema (con respecto al aumento de la amenaza en análisis)	Hasta una cuarta parte de la población experimenta pobreza extrema (con respecto al aumento de la amenaza en análisis)	(1-3)	0,25	1	0,25
									1,00

Anexo 9. Cálculo de la Vulnerabilidad del ecosistema de Páramo ante los efectos del Cambio Climático (IMPACTO – CAPACIDAD DE ADAPTACIÓN)

INDICE DE VULNERABILIDAD A NIVEL DE ECOSISTEMA DE PÁRAMO FRENTE AL CAMBIO CLIMATICO						
		Escala	Valor	Estandarización	Ponderación	Valor Pond.
INDICE DE EXPOSICIÓN :	Deslizamientos	[1-3]	3,0	100,0	0,5	50,00
SENSIBILIDAD :		[1-3]	2,5	83,3	0,5	41,67
IMPACTO:		[0-100]	ÍNDICE DE IMPACTO POTENCIAL			91,67
CAPACIDAD DE ADAPTACIÓN EN FUNCIÓN DE		[1-3]	1,75	58,3	1	58,33
INDICE DE VULNERABILIDAD A					PESO	0,5
		Escala	Valor	Estandarización	Ponderación	Valor Pond.
INDICE DE EXPOSICIÓN A:	Inundación/Sequía	[1-3]	3,0	100,0	0,5	50,00
SENSIBILIDAD A:		[1-3]	3,0	100,0	0,5	50,00
IMPACTO A:		[0-100]	ÍNDICE DE IMPACTO POTENCIAL			100,00
CAPACIDAD DE ADAPTACIÓN EN FUNCIÓN DE		[1-3]	2,0	66,7	1	66,67
INDICE DE VULNERABILIDAD A					PESO	0,5
		Escala	Valor	Estandarización	Ponderación	Valor Pond.
INDICE DE EXPOSICIÓN A:	Incremento de los impulsores de riesgos a escala local y global	[1-3]	3,0	100,0	0,5	50,00
SENSIBILIDAD A:		[1-3]	2,5	83,3	0,5	41,67
IMPACTO A:		[0-100]	ÍNDICE DE IMPACTO POTENCIAL			91,67
CAPACIDAD DE ADAPTACIÓN EN FUNCIÓN DE		[1-3]	1,00	33,3	1	33,33
INDICE DE VULNERABILIDAD A					PESO	0,5
INDICE DE VULNERABILIDAD A NIVEL DE ECOSISTEMA DE PÁRAMO FRENTE AL CAMBIO CLIMATICO						62,50