

Vulnerabilidad a nivel de ecosistema de Páramo frente al Cambio Climático en la zona de Igualata Parroquia San Isidro, Cantón Guano Provincia de Chimborazo

Vulnerability of Páramo ecosystem against the Climate Change in the Igualata zone, San Isidro Parish, Canton Guano, Chimborazo Province

Magdy Echeverría¹, Carlos Rosero^{1,3}, Lelys Bravo^{3,4}

Recibido: 15/03/2017 - Aprobado:

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. 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. 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.

Palabras clave: vulnerabilidad, ecosistema de páramo, adaptación, cambio climático, stock de carbono

ABSTRACT

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. 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

1. Centro de Energías Alternativas y Ambiente CEEA- Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH). Email: m_echeverria@esepoch.edu.ec

2. Doctorado en la Unidad de Posgrado de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica - UNMSM

3. Facultad de Ingeniería Marítima, Ciencias Biológicas y Recursos Naturales ESPOL - carlos.rosero1733@gmail.com

4. Universidad Simón Bolívar

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. 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.

Keywords: geostructures, geomorphology, geodynamics, geomechanics, hydrology, safety factor model.

I. INTRODUCCIÓN

Los páramos sudamericanos propiamente dichos se encuentran desde la Sierra Nevada de Santa Marta en Colombia y la Cordillera de Mérida en Venezuela, hasta la depresión de Huancabamba en el Perú (aproximadamente entre los 11° de latitud Norte y los 8° de latitud Sur), y constituyen un componente importante de la biodiversidad de Venezuela, Colombia, Ecuador y Perú (Balslev & Luteyn, 1992).

El páramo se compone de una colección de los ecosistemas de pastizal alpino neotropicales que cubren la zona superior de los Andes del Norte. Ellos juegan un papel clave en la hidrología del continente. Muchos de los mayores afluentes del Amazonas tienen sus cabeceras en el páramo. También es la fuente principal de agua para las tierras altas de los Andes y una amplia zona de tierras bajas áridas y semiáridas, donde se utiliza el agua de páramo para el consumo doméstico, agrícola e industrial, y la generación de energía hidroeléctrica. (Buytaert, y otros, 2006)

El Páramo cuenta con un clima tropical típico de alta montaña. Debido a su ubicación cerca del ecuador, la radiación solar diaria es casi constante durante todo el año. Esta constancia contrasta fuertemente con el ciclo diario, que está bastante marcada las variaciones de temperatura en el día de más de 20° C son comunes («verano todos los días y todas las noches de invierno», (Hedberg, 1964). (Sarmiento, 1986)

Las turberas de páramo suelen estar rodeadas por plantas que forman almohadillas de los géneros *Plantago*, *Oreobolus* y *Azorella* y de plantas semilacusticas como *Isóetes*. Todas ellas pueden soportar las condiciones ambientales imperantes que ya describimos:

poco oxígeno y nutrientes, mucho frío, agua y acidez creadas en gran parte por la presencia del musgo *Sphagnum*. Dichas condiciones evitan que hongos y bacterias ataquen transformando el proceso de «turbización» en putrefacción. Al mismo tiempo el musgo absorbe mucha agua, entre 10 a 20 veces su peso, transformando a la turbera en un gran almacén del líquido. Las turberas son más comunes en los páramos de la cordillera oriental, que es más húmeda. No existen datos de la superficie del Ecuador cubierta por turberas, y tampoco se sabe mucho sobre sus procesos ecológicos, lo que no ocurre con las turberas de los hemisferios norte y sur, de las que se sabe un poco más. Sin embargo, el desconocimiento aún es alto, tanto que la convención Ramsar las considera uno de los humedales más amenazados y desconocidos. A nivel mundial las turberas actúan como sumideros de carbono, esto es, lugares que «atrapan carbono», pues el proceso de turbización genera carbono. Ello supone que, si se destruyen las turberas, el carbono allí almacenado se libera a la atmósfera. (Moreano, 2007)

En el año 1990 la cobertura de vegetación natural fue de 15'519.590 ha, que representa el 62% del territorio nacional dividida entre bosques nativos 12'896.224 ha, páramos 1'440.093 ha, vegetación arbustiva 946.567 ha y vegetación herbácea 236.706 ha. (Ministerio del Ambiente, 2012)

Los páramos de las laderas occidentales del sur de Ecuador y norte de Perú están influenciadas por las masas de aire seco y fresco de la corriente de Humboldt, y son por lo tanto mucho más seca, excepto durante El Niño (Sarmiento, 1986) (Luteyn, 1999).

Los valles interandinos entre el oeste y la cordillera Oriental se someten a una influencia variable de masas de aire oceánicas y continentales, lo que resulta en una distribución bimodal de temporada. Estas interacciones complejas, combinadas con la topografía irregular y las grandes diferencias en la pendiente, la exposición y la elevación, el resultado a escala local en mayor o menor fuerza los patrones climáticos. (Buytaert, y otros, 2006).

II. MATERIALES Y MÉTODOS

Para la presente investigación se analizó el modelo de circulación global TL 959 (Chimborazo O. 2010) para determinar temperatura y precipitación a futuro en el periodo (2015-2039) mediante la herramienta ArcMap 10.1. Se analizó datos de precipitación en la estación meteorológica Urbina. Se determinó una metodología implementada por el IPCC (Exposición x Sensibilidad - Capacidad de Adaptación) para determinar el nivel de vulnerabilidad mediante datos estadísticos tabulados en base a la percepción de los datos recolectados en campo.

III. RESULTADO Y DISCUSIÓN

3.1 Delimitación de la zona

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. Ubicación: coordenadas UTM $x= 76274$ $y=983428$ (Figura N° 1).

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

3.2 Clima

El clima presente está determinado mediante análisis del modelo bioclimático para el Ecuador Continental: precipitación (Figura N° 2) /temperatura máx., temperatura min, temperatura media (Figura N° 3), precipitación establecida en la estación meteorológica M390 Urbina (Figura N° 4) y Modelo Climático TL959 (Figura N° 5 y Figura N° 6) el cual establece un clima presente y nos brindará una perspectiva del clima (Temperatura-Precipitación) en un futuro cercano establecido entre 2015 al 2039.

3.3 Carbono

Según el análisis de carbono (Haro F. 2012) existe una fuerte correlación en la zona de estudio entre rangos altitudinales y porcentaje de carbono en muestras tanto de suelo como arbustos y almohadilla como se muestra en la Figura N° 8, cabe indicar que para este parámetro solo se tomaron muestras a partir de ciertos rangos altitudinales que van desde los 4000 a 4100 msnm como se observa en la Figura N° 10, (la zona en color plomo representa aún no explorada).

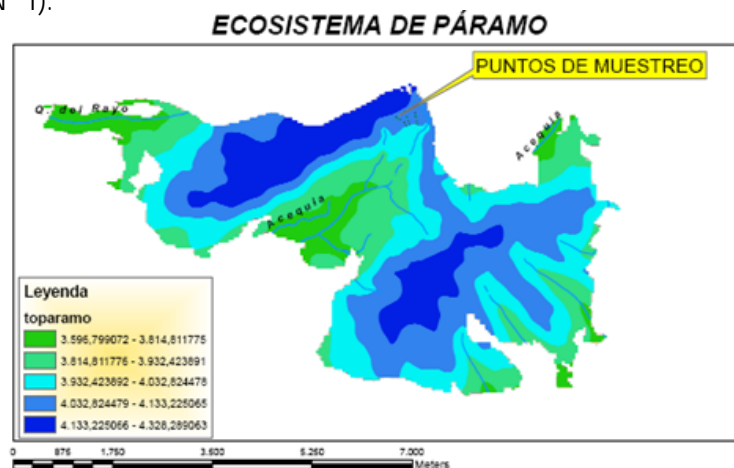


Figura N° 1: Zona de estudio (Altitud-páramo de Igualata).



Figura N° 2: Precipitación media dada por Modelo Bioclimático para el Ecuador Continental aplicado en la zona de estudio periodo (1971-2000)

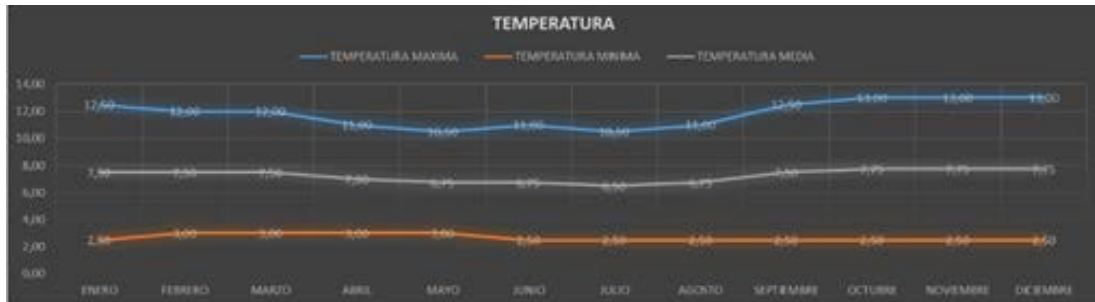


Figura N° 3: Temperatura máxima, mínima y media dada por Modelo Bioclimático para el Ecuador Continental aplicado en la zona de estudio periodo (1971-2000)

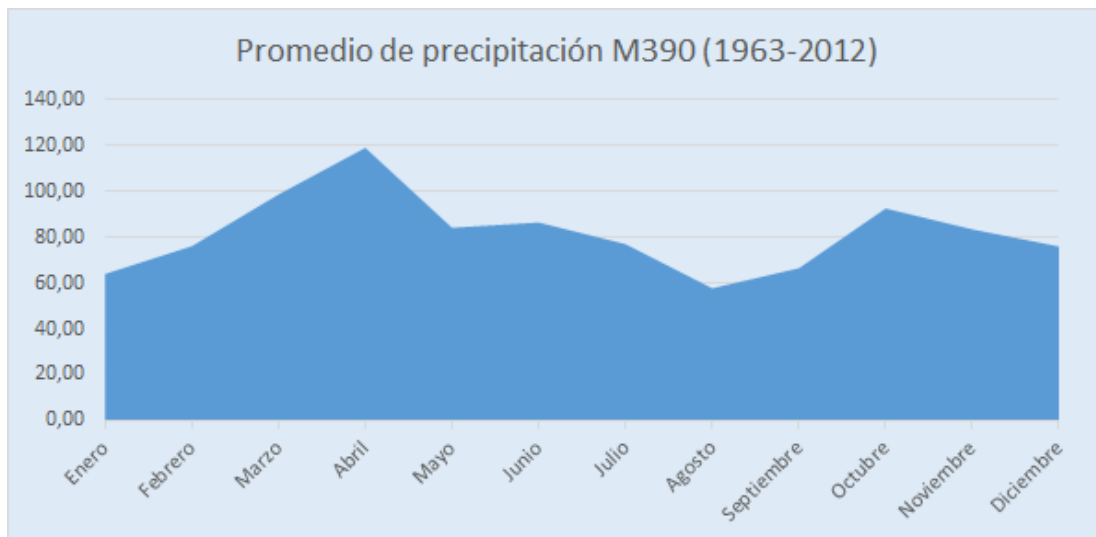


Figura N° 4: Precipitación media estación meteorológica cercana M390 (Urbina)

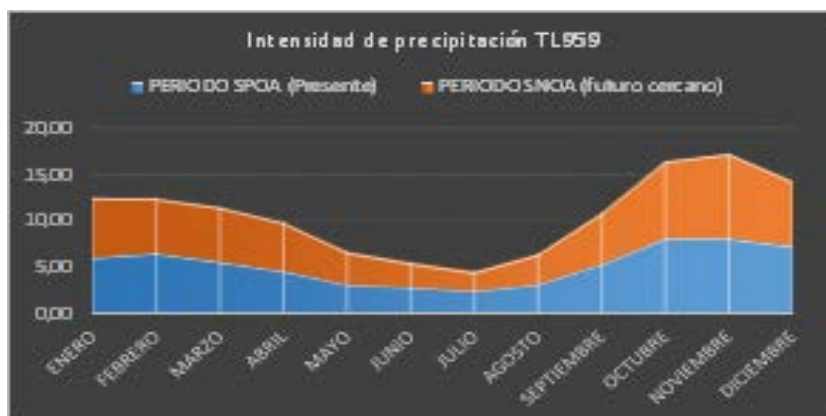


Figura N° 5: Intensidad de precipitación modelo Climático TL959

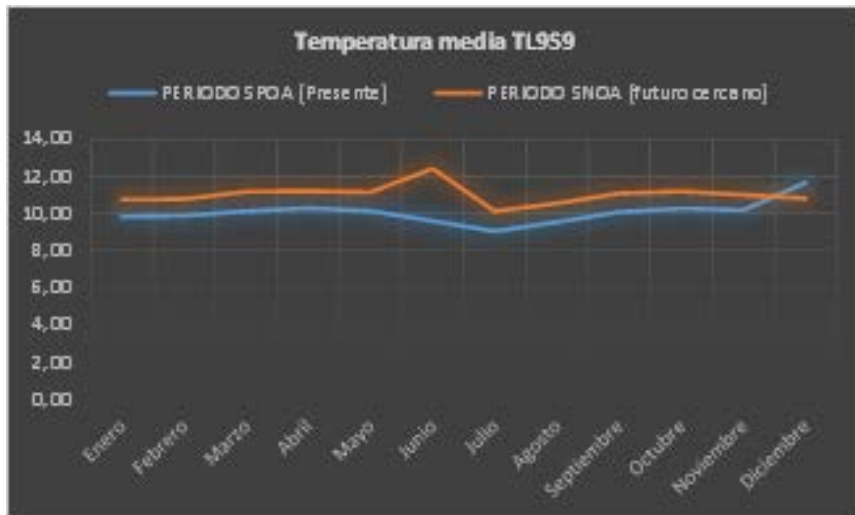


Figura N° 6: Temperatura media modelo climático TL959



Figura N° 7: Índice estandarizado de Precipitación (SPI)

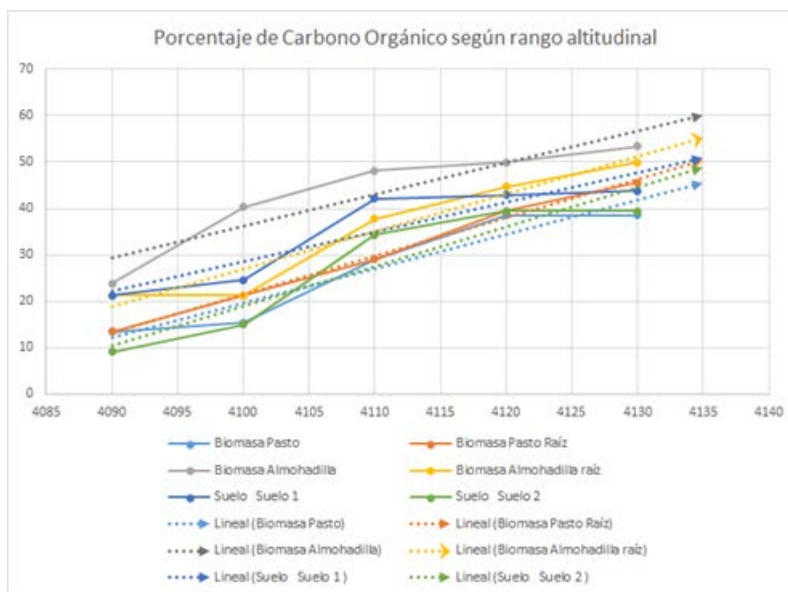


Figura N° 8: Porcentaje de carbono vs Rango Altitudinal



Figura N° 9: Elementos de Vulnerabilidad (Formula para determinar la vulnerabilidad).

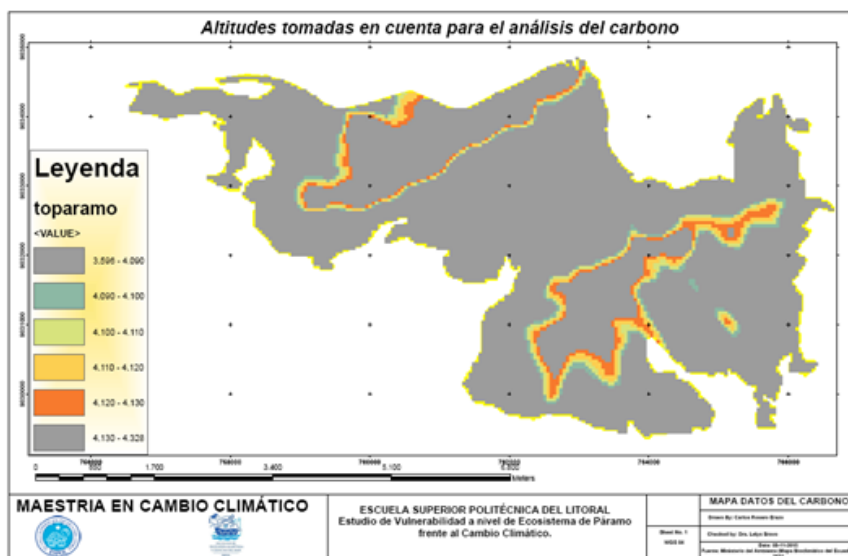


Figura N° 10: Rangos altitudinales donde se obtuvieron las muestras de carbono.

3.4 Tasa anual de cambio

Mediante el proyecto establecido en el Ministerio del Ambiente del Ecuador «Mapa de deforestación» donde se utilizaron imágenes LANDSAT y ASTER, se logró determinar para la cobertura de Páramo la tasa anual de cambio con sus respectivos valores en hectáreas en los periodos concernientes entre 1990, 2000 y 2008. Para ello se utilizó la herramienta Arcmap 10.1 con el cual se determina las distintas áreas y cambios de cobertura creadas entre los periodos 1990-2000 y 2000-2008. Para el presente Estudio de vulnerabilidad es necesario tomar en cuenta la relación que tiene la tasa anual de cambio en páramo a nivel nacional como a nivel local, para ello se procede a obtener los datos tanto para el Ecuador como para el área local.

Se tiene de esta manera 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 se tiene 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 logra deducir 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 ha conservado este ecosistema.

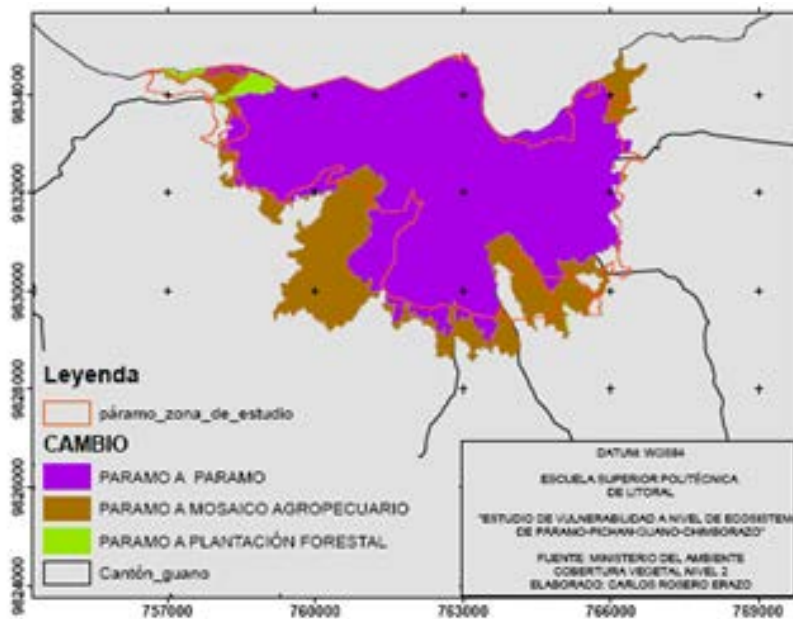


Figura N° 11: Cambio de Cobertura vegetal de páramo 1990-2000

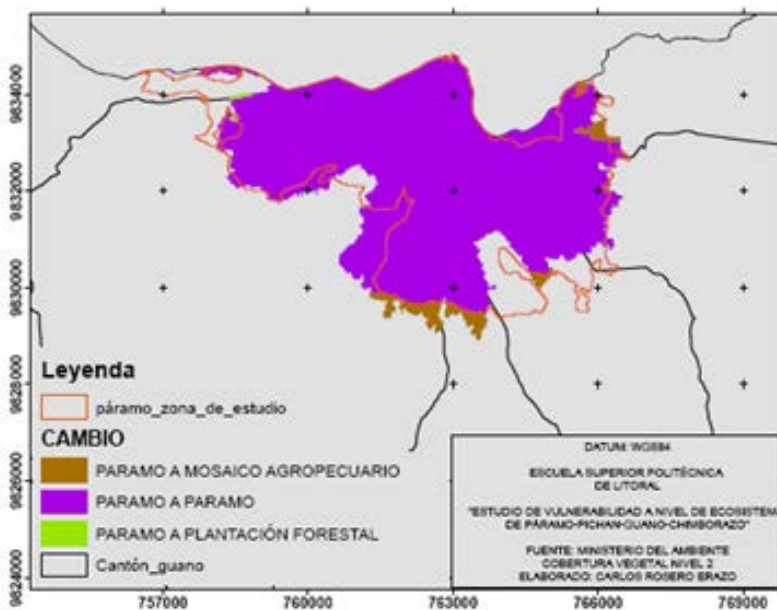


Figura N° 12: Cambio de Cobertura vegetal de páramo 2000-2008

3.5 Vulnerabilidad

Para el análisis metodológico de vulnerabilidad se utilizó documentos como la Evaluación de Ecosistemas del Milenio desarrollado por Lhumeau A y Cordero D. (2012), la Guía Metodológica para la Evaluación de la Vulnerabilidad ante el Cambio Climático propuesto por Magaña V (2012) y el Quinto Informe del IPCC 2015 sobre Impactos, Adaptación y Vulnerabilidad.

3.5.1 Indicadores de Vulnerabilidad

Los indicadores (Tabla N° 1) tomados en cuenta para el análisis de los elementos de vulnerabilidad (Exposición, Sensibilidad y Capacidad de Adaptación) para el ecosistema páramo son: 5 variables (Uso de suelo (Figura N° 11 y Figura N° 12), Clima, Productividad Biológica, Socio-ambiental y Desigualdad; y, 8 indicadores: Exposición del ecosistema a la amenaza, Exposición del ecosistema en 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.

Tabla N° 1: Indicadores de vulnerabilidad

Variable	Cod	Indicador	Fuente de información
Uso de suelo	E.1	E.1. Exposición del ecosistema a la amenaza	Deslizamientos
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
Productividad biológica (PPB) producción Primaria Bruta	S.1	S.1. Porcentaje de carbono orgánico	ESPOCH (Escuela Superior Politécnica de Chimborazo)
Productividad biológica	S.2	S.2. densidad vegetal	ESPOCH (Escuela Superior Politécnica de Chimborazo)
Socio-Ambiental	Ca.1	Ca.1. Iniciativas de protección del ecosistema	Gobiernos Autónomos Descentralizados
Socio-Ambiental	Ca.2	Ca.2. Sobre utilización de ecosistema	Gobiernos Autónomos Descentralizados
Socio-Ambiental	Ca.3	Ca.3. tasa anual de cambio	Cobertura Vegetal 1990-2000-2008 MAE (Ministerio del Ambiente)
Desigualdad	Ca.4	Ca.4. Pobreza NBI (Necesidades Básicas Insatisfechas)	Gobiernos Autónomos Descentralizados

3.5.2 Amenazas Identificadas

Se observa amenazas de tipo Antrópico y socio-natural (Tabla N° 2), 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 a 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 N° 2: Amenazas identificadas entorno a los indicadores de vulnerabilidad

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

3.5.3 Exposición

Los índices en este caso toman el valor máximo (3) para cada una de las amenazas identificadas. El valor tomado en cuenta es relacionado a la alta susceptibilidad que tiene el sistema. «El páramo es un sistema muy sensible a los cambios climáticos y difíciles de recuperar». (Figura N° 13).



Figura N° 13: Grado de exposición ante las amenazas provocadas por el Cambio Climático

3.5.4 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 el presente estudio, se identificó una sensibilidad actual y futura. La sensibilidad muestra un grado de

sensibilidad Alta para cada una de las amenazas, tómesese 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. El grado de sensibilidad que tiene el ecosistema a través de los indicadores de productividad biológica expuestos a cada una de las amenazas; Deslizamientos, Inundación/sequía e incremento de los impulsores de riesgo a escala local y global, se observó que la amenaza de inundación y sequía podría afectar en mayor grado a la productividad biológica en la zona. (Figura N° 14).



Figura N° 14: Grado de Sensibilidad ante las amenazas provocadas por el Cambio Climático

3.5.5. 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 generará los estímulos climáticos. En este elemento de vulnerabilidad se observa un impacto Alto donde la inundación y sequía es un factor de impacto más cercano, probable y de mayor impacto potencial. (Figura N° 15).



Figura N° 15: Impacto de las amenazas provocadas

3.5.6 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 presente estudio se identifican 4 indicadores para la capacidad de adaptación, donde se observa una capacidad de adaptación media. Esto es debido a que en la zona se han implementado obras de conservación destinadas a la cosecha de agua. (Figura N° 16).



Figura N° 16: Capacidad de adaptación ante amenazas provocadas por el Cambio Climático

Tabla N° 3: Vulnerabilidad por Elemento y Amenazas

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

3.5.7 Vulnerabilidad del Ecosistema

Se logra visualizar un índice de vulnerabilidad equivalente a 62,5 (Figura N° 17 barra de color amarilla) lo que quiere decir que el ecosistema de Páramo tiene un nivel de vulnerabilidad Alto como se explica en el literal 6 Vulnerabilidad. Se observa en la Tabla N° 3 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.

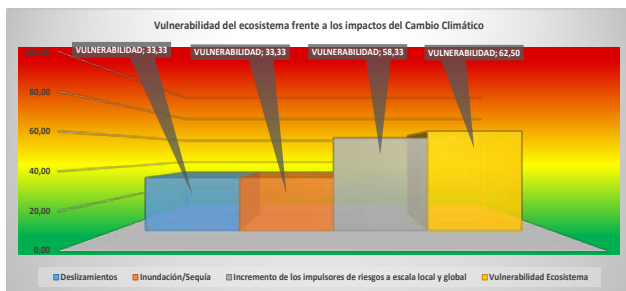


Figura N° 17: Vulnerabilidad del Ecosistema de páramo

IV. 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 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 (Figura N° 7) 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 TL 959 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. 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 pérdida 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 re a liza da en «La Guía Metodológica para la evaluación de la vulnerabilidad ante el Cambio Climático». Se establecieron 8 indicadores de vulnerabilidad, 3 amenazas, 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 es decir 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 instrumentos para la aplicación de la adaptación. Estos instrumentos están basados en acuerdos o en 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 se ajustan al estudio de vulnerabilidad establecido.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 Balslev, H., & Luteyn, J. L. (1992). Páramo: an Andean ecosystem under human influence. (illustrated, Ed.) Academic Press, 282. doi:10.1016/j.earscirev.2006.06.002
- 2 Buytaert, W., Céleri, R., De Bièvre, B., Cisneros, F., Wyseure, G., Deckers, J. & Hofstede, R. (2006). Human Impact on the Hydrology of the Andean Páramos. *ScienceDirect*, 1. doi:10.1016/j.earscirev.2006.06.002
- 3 Chimborazo, O. Guitarra, S. (2010). Ministerio del Ambiente e Instituto de Meteorología e Hidrología «Escenarios de Cambio Climático con la salidas del Modelo TL959».
- 4 Haro, F. (2012). «Determinación de Carbono Orgánico en la biomasa y suelo del páramo de la comunidad Pichan central San Isidro». Tesis. Ingeniería en Biotecnología Ambiental». Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, pp. 77.
- 5 Hedberg, O. (1964). Features of Afroalpine plant ecology. *Acta Phytogeographica*, pp.49.
- 6 IPCC (2014). 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. «Impacto, adaptación y Vulnerabilidad Base de ciencia física». Afirmaciones principales del Resumen para responsables de políticas.
- 7 IPCC (2007) Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Grupo de trabajo II. Impactos, adaptación y Vulnerabilidad. Obtenido de: <https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg2/ar4-wg2-frontmatter-sp.pdf>
- 8 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
- 9 Moreano, M. (2007). Humedales Ecuatorianos. Obtenido de http://www.paramo.org/dvd/Paramo%20Andino%20Ecuador/COMPONENTE%204/PROPUESTA%20PARA%20MUSEO%20yAKU_%20Ecosistemas%20de%20los%20andes/Humedales.pdf
- 10 Lhumeau, A. & Cordero D. (2012). Adaptación basada en Ecosistemas: una respuesta al cambio climático. UICN. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y de los Recursos Naturales. Oficina Regional para América del Sur, Quito, Ecuador, 17 pp.
- 11 Sarmiento, G. (1986). Ecological features of climate in high tropical mountains. In: Vuilleumier, F., Monasterio, M. (Eds.), *High altitude tropical biogeography*. Oxford University Press, 11-45.