

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA  
SEDE CUENCA**

**CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

*Trabajo de titulación previo  
a la obtención del título de  
Ingeniero Ambiental*

**TRABAJO EXPERIMENTAL:**

**“DETERMINACIÓN TEMPORAL DE LA INFLUENCIA DEL CAMBIO DE  
USO DE SUELO EN LA CALIDAD AMBIENTAL DE LAS ZONAS ALTA,  
MEDIA Y BAJA DE LA MICROCUENCA DEL RIO CULEBRILLAS DE LA  
PROVINCIA DEL AZUAY PARA EL PERIODO 2000 - 2020”**

**AUTOR:**

CRISTIAN PATRICIO NARVÁEZ BERNAL

**TUTOR:**

ING. PABLO WILSON ARÉVALO MOSCOSO, Ph.D.

CUENCA - ECUADOR

2022

## CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Yo, Cristian Patricio Narvárez Bernal con documento de identificación N° 0301842621, manifiesto mi voluntad y cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del trabajo de titulación: **“DETERMINACIÓN TEMPORAL DE LA INFLUENCIA DEL CAMBIO DE USO DE SUELO EN LA CALIDAD AMBIENTAL DE LAS ZONAS ALTA, MEDIA Y BAJA DE LA MICROCUENCA DEL RIO CULEBRILLAS DE LA PROVINCIA DEL AZUAY PARA EL PERIODO 2000 - 2020”**, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: *Ingeniero Ambiental*, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, enero de 2022.



Cristian Patricio Narvárez Bernal

C.I. 0301842621

## CERTIFICACIÓN

Yo, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación:  
**“DETERMINACIÓN TEMPORAL DE LA INFLUENCIA DEL CAMBIO DE USO DE SUELO EN LA CALIDAD AMBIENTAL DE LAS ZONAS ALTA, MEDIA Y BAJA DE LA MICROCUENCA DEL RIO CULEBRILLAS DE LA PROVINCIA DEL AZUAY PARA EL PERIODO 2000 - 2020”**, realizado por Cristian Patricio Narváez Bernal, obteniendo el *Trabajo Experimental*, que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, enero de 2022.



Ing. Pablo Wilson Arévalo Moscoso, Ph.D.

C.I. 0102156957

## DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

Yo, Cristian Patricio Narváz Bernal con documento de identificación N° 0301842621, autor del trabajo de titulación: **“DETERMINACIÓN TEMPORAL DE LA INFLUENCIA DEL CAMBIO DE USO DE SUELO EN LA CALIDAD AMBIENTAL DE LAS ZONAS ALTA, MEDIA Y BAJA DE LA MICROCUENCA DEL RIO CULEBRILLAS DE LA PROVINCIA DEL AZUAY PARA EL PERIODO 2000 - 2020”**, certifico que el total contenido del *Trabajo Experimental*, es de mi exclusiva responsabilidad y autoría.

Cuenca, enero de 2022.



Cristian Patricio Narváz Bernal

C.I. 0301842621

## AGRADECIMIENTO

*Primero agradecer a mi santísimo Dios por otorgarme la capacidad y la fe durante toda mi carrera universitaria y permitirme terminar una de las más deseas metas en lo que respecta mucho a mi vida. De manera especial, quiero expresar mi agradecimiento al director de tesis Dr. Pablo Arévalo Moscoso, por su generosidad, sabiduría, apoyo, confianza y sobre todo paciencia permitió el desarrollo exitoso de este trabajo de titulación.*

*A la Universidad Politécnica Salesiana y todos sus docentes de la carrera de Ingeniería Ambiental, por habernos instruido en todo momento compartiendo sus conocimientos, experiencias logrando que pueda crecer día a día como profesional, gracias a cada uno de ustedes por su paciencia, dedicación, apoyo y amistad.*

*Estoy plenamente agradecida con mi familia, mis padres y hermano que durante toda mi carrera me han impulsado a ser mejor, y dar lo mejor de mí, a dejar huella y a no conformarme. Son ellos quienes me han apoyado y motivado a alcanzar todo lo que me proponga.*

*Especialmente le debo este logro a mis padres, ya que desde siempre me dieron el apoyo para poder seguir adelante con valores inquebrantables de respeto, solidaridad, bondad, responsabilidad y perseverancia.*

## **DEDICATORIA**

*Dedico este proyecto con mucho cariño a mis padres Patricio Narváez y Aida Bernal por apoyarme durante mis diferentes etapas educativas, por todo su amor, paciencia y comprensión. Sin su ejemplo nada de esto sería posible, me considero una persona afortunada por tenerlos. Me han enseñado que no existen imposibles cuando las cosas se realizan con paciencia y dedicación.*

*A mi hermano Juan Pablo por sus enseñanzas y consejos, de gran manera a mi formación como persona, me han enseñado que a pesar de las circunstancias nuestro cariño de hermanos es más fuerte que todo.*

*A mi abuelita Magdalena Bernal por su apoyo y cariño, que con la sabiduría de Dios me ha enseñado estar siempre en los momentos importantes de mi vida, por ser el ejemplo para salir adelante y por los consejos que han sido de gran ayuda para mi vida y crecimiento.*

*A la memoria de mi abuelito Ricardo Narváez quien fue un pilar muy importante en la familia sé que Dios lo tiene en su gloria y ahora es un ángel en mi vida y sé que se encuentra muy orgulloso de su nieto y desde donde está me bendice.*

*Cristian Narváez Bernal*

## RESUMEN

En el trabajo de titulación se determinó el estudio multitemporal del cambio de uso del suelo en la microcuenca del río Culebrillas ubicado en la parroquia de Sayausi en la provincia del Azuay. El periodo de evaluación del análisis fue de 10 años, entre los periodos: 2000-2010 y 2010 -2020, para lo cual se analizó y se verificó varios tipos de herramientas y procesos generales cartográficos como la fotointerpretación, el tratamiento adecuado y análisis de imágenes satelitales Landsat. Se utilizó programas como ArcMap, Envi, Global Mapper, Qgis, Minitab, Edrisí selva. Las imágenes utilizadas fueron ortofotos de la parroquia Sayausi, imágenes satelitales Landsat 7 ETM e 8 OLI. El estudio mostró una pérdida del recurso natural bosque equivalente a 25,12 ha, con una deforestación por año de 1,12ha, el aumento de paramo en la microcuenca ha sido continuo con un promedio del 2,21ha/año, el aumento más formidable se da en el año 2020 con un área de paramo de 4143,74 ha.

**Palabras claves.** Uso del suelo, imágenes satelitales, análisis multitemporal, deforestación.

## ABSTRACT

In the titling work, the multitemporal study of the change in land use in the micro-basin of the Culebrillas river located in the parish of Sayausi in the province of Azuay was determined. The analysis evaluation period was 10 years, between the periods: 2000-2010 and 2010 -2020, for which various types of general cartographic tools and processes were analyzed and verified, such as photointerpretation, adequate treatment and image analysis. Landsat satellites. Programs such as ArcMap, Envi, Global Mapper, Qgis, Minitab, Edrisí selva were used. The images used were orthophotos of the Sayausi parish, Landsat 7 ETM and 8 OLI satellite images. The study showed a loss of the natural forest resource equivalent to 25.12 ha, with deforestation per year of 1.12ha, the increase in paramo in the micro-basin has been continuous with an average of 2.21ha / year, the most formidable increase It occurs in 2020 with a moorland area of 4,143.74 ha.

**Keywords.** Land use, satellite images, multi-temporal analysis, deforestation.



## ÍNDICE GENERAL

<b>1</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b>	16
1.1	Análisis del Problema	16
1.2	Delimitación del área de Estudio	17
1.2.1	Ubicación de la microcuenca del rio Culebrillas	17
1.2.2	Delimitación Temporal	20
1.2.3	Delimitación Sectorial	20
1.3	Justificación del Problema	20
1.4	Objetivos	21
1.4.1	Objetivo General	21
1.4.2	Objetivos Específicos	21
1.5	Hipótesis	22
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA</b>	23
2.1	Marco Conceptual	23
2.1.1	Modelo Digital de Terreno	23
2.1.2	Datum geodésico	23
2.1.3	Imágenes satelitales	23
2.1.4	Imágenes landsat	24
2.1.5	Sistemas de información geográficas	24
2.1.6	Teledetección	24
2.1.7	Manejo de cuencas	25
2.1.8	Divisorio de aguas	25
2.1.9	Red de drenaje	25
2.2	Base teórica	26
2.2.1	Cobertura y superficie del uso de suelo	26
2.2.2	Cuencas Hidrográficas	27
2.2.3	Clasificación de las Cuencas Hidrográficas	27
2.2.3.1	Clasificación por mecanismos menores	27
2.2.3.2	Clasificación por prominencia relativa	27
2.2.4	Tipos de cuencas	28
2.2.5	Gestión de cuencas Hidrográficas	29
2.2.6	Cobertura vegetal presente en la microcuenca	29
2.2.6.1	Bosque natural	29
2.2.6.2	Matorrales	29
2.2.6.3	Pasto	29
2.2.6.4	Paramo	30

2.2.7	Teledetección de cuencas hidrográficas .....	30
2.2.8	Proceso analógico de imágenes .....	30
2.2.8.1	Corrección Geométrica .....	31
2.2.8.2	Corrección Atmosférica .....	32
2.2.8.3	Clasificación de imágenes.....	32
2.2.9	Análisis Multitemporal .....	33
2.2.10	Calidad Ambiental.....	33
2.2.10.1	Degradación .....	34
2.2.10.2	Problemas .....	34
2.2.11	Cadenas de Márkov .....	35
2.3	Estado del arte relacionado a la investigación .....	35
2.3.1	Nivel Nacional.....	35
2.3.2	A nivel Internacional .....	39
<b>3</b>	<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	<b>42</b>
3.1	Nivel de investigación .....	42
3.2	Población y Muestra .....	42
3.3	Variables .....	43
3.3.1	Dependientes .....	43
3.3.2	Independientes .....	43
3.4	Instrumentos y técnicas de aceptación de datos.....	43
3.5	Técnicas de análisis y procesamiento de datos .....	44
3.6	Protocolo.....	44
3.6.1	Recolección de datos de investigación suplementarios.....	44
3.6.2	Generación paulatina de la línea base.....	45
3.6.	Análisis multitemporal y programas de sistemas de información geográfica .	45
3.6.3.1	Preprocesamiento de imágenes Landsat.....	45
3.6.3.2	Corrección de Bandeado .....	46
3.6.3.3	Corrección Radiométrica.....	48
3.6.3.4	Calibración Atmosférica .....	50
3.6.3.5	Elaboración de los mapas según su uso de suelo .....	51
3.6.3.6	Clasificación de imágenes.....	51
3.6.3.7	Identificación de las zonas .....	51
3.6.3.8	Indagación de la separabilidad de las áreas de estudio .....	52
3.6.3.9	Fase de retribución .....	53
3.6.4	Análisis multitemporal del uso del suelo.....	54
3.6.4.1	Unificación de los análisis de distribución.....	54
3.6.4.2	Transformación de archivos .....	55

3.6.4.3	Cambio de uso del suelo y cálculo de la tasa de cambio.....	55
3.6.4.4	Apreciación ambiental.....	58
3.6.4.5	Apreciación ecológica.....	58
3.6.4.6	Apreciación paisajística.....	59
3.6.4.7	Uso del Suelo .....	61
3.6.5	Escenarios de inclinación tendenciales.....	63
3.6.5.1	Cadenas de Márkov .....	64
3.6.5.2	Revalidación de los datos generados.....	67
3.6.6	Propuestas de manejo integral .....	68
3.6.7	Análisis Estadístico .....	69
<b>4</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	<b>71</b>
4.1	Línea base .....	71
4.1.1	División lateral del rio culebrillas .....	71
4.1.2	Fisiografía.....	72
4.1.2.1	Orografía .....	72
4.1.2.2	Características morfométricas .....	73
4.1.2.3	Geología .....	76
4.1.2.4	Características Biofísicas de la microcuenca .....	78
4.1.2.5	Uso del suelo .....	89
4.1.2.6	Reconocimiento infraestructural de la zona.....	91
4.2	Análisis Multitemporal .....	92
4.2.1	Análisis de los Mapas de uso de suelo y cobertura de sus años .....	92
4.2.2	Tasas de cambio.....	97
4.2.2.1	Transición de cambios multitemporal .....	99
4.2.3	Cambios ocurridos en la Superficie.....	99
4.2.3.1	Expansión del límite agrícola.....	100
4.2.3.2	Recuperación y desertificación natural de bosques.....	103
4.2.3.3	Recuperación y forestación de bosques .....	104
4.2.4	Calidad ambiental .....	105
4.3	Posibles escenarios .....	107
4.3.1	Revalidación de metodología aplicada .....	107
4.3.1.1	Matriz de Confusión.....	108
4.3.2	Análisis tendencial.....	108
4.3.2.1	Tasas de cambio .....	111
4.4	Propuesta de estrategias de manejo .....	112
4.4.1	Áreas susceptibles .....	113
4.4.1.1	Incremento del área de Paramo .....	113

4.4.1.2	Aumento de áreas deterioradas .....	113
4.4.1.3	Incompatibilidad de uso .....	114
4.4.1.4	Avance de la frontera agrícola .....	114
4.4.2	Instrumentos de Gestión Ambiental .....	114
4.4.3	Propuestas de Manejo Ambiental .....	115
4.4.3.1	Instrumento de fortalecimiento de actividades productivas .....	115
4.4.3.2	Instrumento de restauración de ecosistemas .....	116
4.4.3.3	Instrumento de educación ambiental .....	117
4.5	Análisis de enfoque multivariado .....	118
4.5.1	Análisis ANOVA .....	118
5	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	121
5.1	Conclusiones .....	121
5.2	Recomendaciones .....	122
6	<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	124
7	<b>ANEXOS</b> .....	132

## *ÍNDICE DE ILUSTRACIONES*

Ilustración 1 Mapa de ubicación Geográfica .....	18
Ilustración 2 Microcuenca del río Culebrillas .....	19
Ilustración 3 Imágenes Satelitales .....	46
Ilustración 4 Herramienta GapFill .....	47
Ilustración 5 Corrección del error de Bandedo .....	47
Ilustración 6 Asignación de Roí .....	48
Ilustración 7 Área de estudio seleccionada.....	49
Ilustración 8 Calibración Radiométrica .....	49
Ilustración 9 Corrección Atmosférica.....	50
Ilustración 10 Regiones de Interés.....	52
Ilustración 11 Ejemplo de la separabilidad del año 2020 .....	53
Ilustración 12 Mapas de uso del suelo.....	54
Ilustración 13 Análisis Crosstab .....	56
Ilustración 14 Criterios de valoración .....	60
Ilustración 15 Cadenas de Márkov .....	64
Ilustración 16 Resultados Proceso de Márkov .....	65
Ilustración 17 Resultados Stchoice.....	66
Ilustración 18 Mapas del uso del suelo proyectadas.....	66
Ilustración 19 Límites de la microcuenca del río Culebrillas.....	71
Ilustración 20 Fotografía de la microcuenca del río culebrillas .....	72
Ilustración 21 Características Morfométricas Río Culebrillas .....	75
Ilustración 22 Geología de la microcuenca Culebrillas.....	77
Ilustración 23 Relieve de la microcuenca del río culebrillas.....	79
Ilustración 24 Clasificación Geomorfológica de la microcuenca.....	80
Ilustración 25 Pendientes de la microcuenca del río culebrillas.....	82
Ilustración 26 Hidrografía de la microcuenca del río Culebrillas .....	83
Ilustración 27 Ilustración. Histograma de precipitaciones .....	85
Ilustración 28 Clima de la microcuenca del río Culebrillas .....	86
Ilustración 29 Áreas protegidas de la microcuenca del río culebrillas .....	88
Ilustración 30 Uso de suelo de la microcuenca del río Culebrillas .....	90
Ilustración 31 Población de acuerdo al sexo .....	92
Ilustración 32 Mapa del suelo 2000.....	93
Ilustración 33 Mapa del suelo 2010.....	94
Ilustración 34 Mapa del suelo 2020.....	95
Ilustración 35 Comparación de porcentaje del uso del suelo .....	96
Ilustración 36 Superficie de cambio 2000-2010.....	97
Ilustración 37 Superficie de cambio 2010-2020.....	98
Ilustración 38 Mapas de calidad ambiental .....	106
Ilustración 39 Puntos de muestreo microcuenca del Río Culebrillas .....	107
Ilustración 40 Transición del año 2030 .....	109
Ilustración 41 Comparación del porcentaje del año 2030 .....	110
Ilustración 42 Superficie de cambio 2010-2030.....	112
Ilustración 43 Incremento de zona erosionadas.....	113
Ilustración 44 Análisis de la superficie de cambio del uso del suelo .....	120
Ilustración 45 Gráfica de valoración de intervalos de bosque.....	136
Ilustración 46 Gráfica de valoración de bosque .....	136
Ilustración 47 Gráfica de valores individuales de bosque .....	136
Ilustración 48 Gráfica de residuos bosque.....	136

Ilustración 49 Gráfica de intervalos del páramo.....	136
Ilustración 50 Gráfica de valoración visual del páramo .....	136
Ilustración 51 Grafica de valores individuales de páramo .....	136
Ilustración 52 Gráfica de residuos del páramo .....	136
Ilustración 53 Gráfica de intervalos visuales de pasto .....	136
Ilustración 54 Gráfica de caja del pasto.....	136
Ilustración 55 Grafica de valores individuales de pasto .....	136
Ilustración 56 Gráfica de residuos del pasto.....	136
Ilustración 57 Gráfica de intervalos del suelo descubierto.....	136
Ilustración 58 Gráfica de caja del suelo descubierto .....	136
Ilustración 59 Grafica de valores individuales de suelo descubierto.....	136
Ilustración 60 Gráfica de residuos del suelo descubierto .....	136

### *ÍNDICE DE TABLAS*

Tabla 1 Características de las Imágenes Satelitales.....	46
Tabla 2 Codificación del uso del suelo.....	55
Tabla 3 Valoración ecológica.....	58
Tabla 4 Valoración de Pendientes .....	61
Tabla 5 Valoración de alturas .....	61
Tabla 6 Dominio Paisajístico.....	62
Tabla 7 Valoración del uso del suelo.....	63
Tabla 8 Muestreo Estratificado.....	67
Tabla 9 Índice Kappa.....	68
Tabla 10 Puntos de Muestreo del uso del suelo .....	69
Tabla 11 Características Morfométricas.....	73
Tabla 12Factor de forma para la microcuenca .....	74
Tabla 13 Clasificación de los rangos de altura .....	78
Tabla 14 Pendientes de la microcuenca del rio culebrillas.....	81
Tabla 15 Precipitaciones.....	85
Tabla 16 Uso del suelo de la microcuenca del rio Culebrillas .....	89
Tabla 17 Población según su edad.....	92
Tabla 18 Uso de suelo para cada periodo de estudio.....	96
Tabla 19 Tasa de cambio del suelo 2000-2010 .....	97
Tabla 20 Tasa de cambio del suelo 2010-2020 .....	98
Tabla 21 Cambio de uso a otro 2000-2010 .....	100
Tabla 22 Cambio de uso a otro 2010-2020 .....	100
Tabla 23 Cambio de usos 2000-2010 (zona alta) .....	101
Tabla 24 Cambios sobre los 3200 m (2000-2010) .....	101
Tabla 25 Cambio de un prototipo a otro uso 2010-2020 (zona alta).....	102
Tabla 26 Cambios sobre los 3200 m (2010-2020). .....	103
Tabla 27 Suelo de la microcuenca alta .....	103
Tabla 28 Cambio de un tipo de uso a otro 2000-2010 (zona baja).....	104
Tabla 29 Cambio de un tipo de uso a otro 2010-2020 (zona baja).....	105
Tabla 30 Calidad Ambiental.....	105
Tabla 31 Matriz de confusión.....	108
Tabla 32 Uso de suelo para el escenario tendencial .....	110
Tabla 33 Tasa de cambio de uso de suelo 2020-2030 .....	111
Tabla 34 Análisis ANOVA.....	118

Tabla 35 Análisis de varianza para el bosque.....	132
Tabla 36 Resumen del modelo del bosque .....	132
Tabla 37 Medias del análisis del bosque .....	132
Tabla 38 Análisis de varianza del páramo .....	133
Tabla 39 Resumen del páramo .....	133
Tabla 40 Medias del análisis del páramo.....	133
Tabla 41 Análisis de varianza del pasto .....	134
Tabla 42 Resumen de cobertura del pasto .....	134
Tabla 43 Medias de análisis del pasto .....	134
Tabla 44 Análisis de varianza del suelo descubierto .....	135
Tabla 45 Resumen de Suelo descubierto .....	135
Tabla 46 Medias del análisis del suelo descubierto.....	135

### **ÍNDICE DE ECUACIONES**

<i>Ecuación 1 Análisis de tasa de cambio del uso del suelo .....</i>	<i>57</i>
<i>Ecuación 2 Valoración ambiental .....</i>	<i>58</i>
<i>Ecuación 3 Valoración promedio.....</i>	<i>63</i>

# **1 INTRODUCCIÓN**

## **1.1 Análisis del Problema**

Actualmente en años preliminares se ha visto y se ha analizado varios cambios de uso del suelo llegando a constituir como factores comprometidos en el aumento del cambio global, donde los terrenos han doblado grandes cambios, la mayor parte a la pérdida de la cobertura de los terrenos y a la pérdida e intensificación del uso del suelo.

Actualmente estos factores englobados hacen referencia a la deforestación o pérdida de suelo, donde se relaciona especialmente a impactos ambientales muy importantes a una escala regional. (Bocco, Mendoza, M., & Masera, O. R., 2001)

Actualmente las actividades producidas por las personas son factores que determinan la calidad del ambiente, dando como consecuencia que en el año 2006 el casi el 5% de las personas realizan la tala de bosques, con el objetivo de obtener madera y leña para la construcción de viviendas el otro 3,4% realizan la quema de árboles con la finalidad de poder realizar sus cultivos. La microcuenca culebrillas está en dos rangos ambientales muy importantes lo que indica conservar los recursos naturales que tiene con el fin de crear planes de recuperación de los recursos perdidos para mantener un equilibrio constante y de buen ambiente. (Galarza Galarza & Chicaiza Rivera, O. V., 2008)

La microcuenca del río culebrillas es una influencia de muchos factores que llegan a perderse en el cambio del uso del suelo produciendo grandes pérdidas de biodiversidad, desgaste evidente en la cobertura vegetal, la baja disminución de caudales llegando a modificar los ecosistemas naturales debido a la instancia de tierras.

Prácticamente la eliminación de cobertura vegetal, admite la llegada del agua, viento y otros factores climáticos, proporcionando la erosión y la llegada de los agregados al agua, disminuyendo su calidad para los usos requeridos.



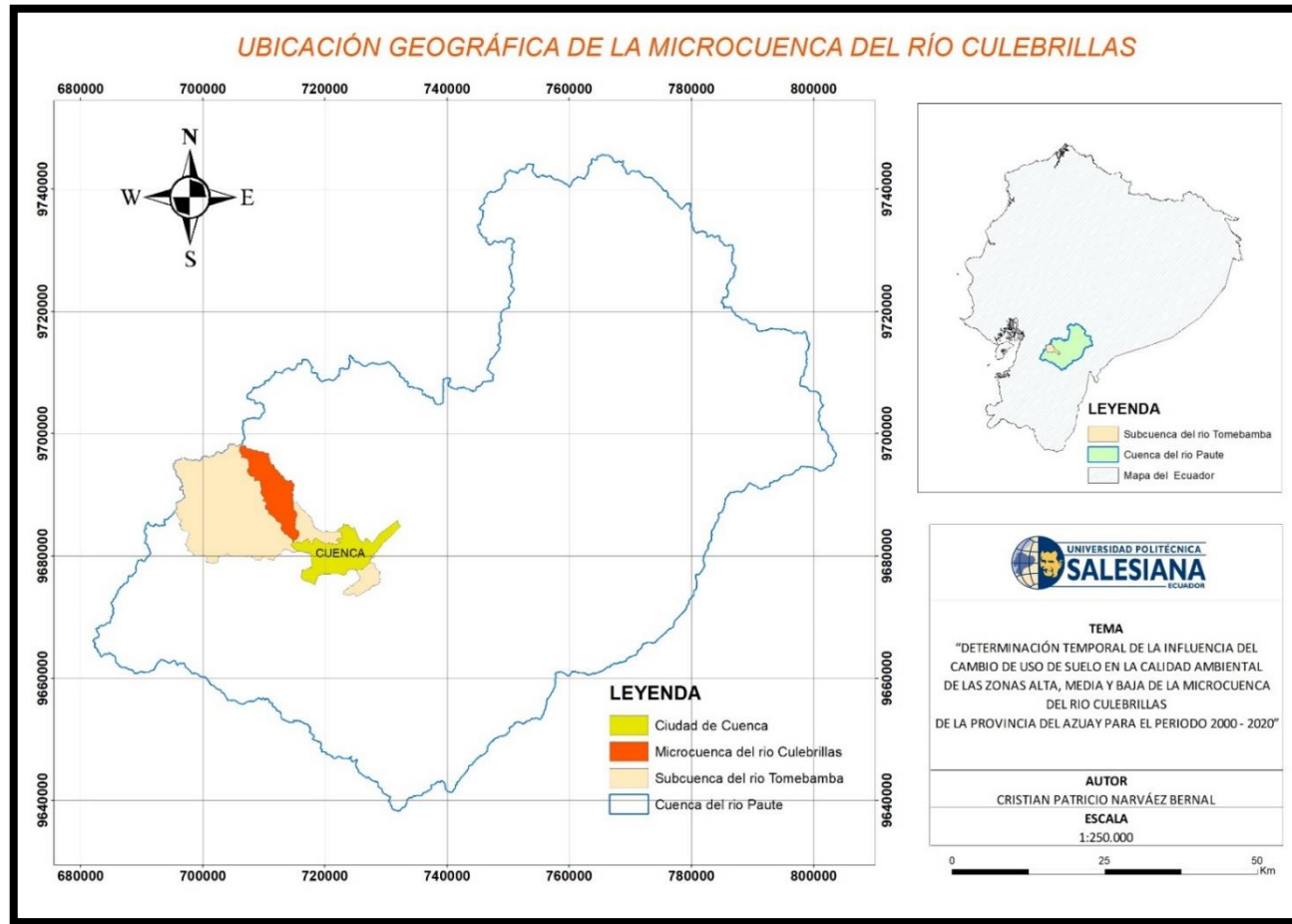
(Sayausí, 2015) describe que las modificaciones más relevantes es la cobertura vegetal y las modificaciones antrópicas que han llegado a un cambio del 5,99% al 10,41% en 13 años. De ese análisis de comparación establece que la frontera agrícola es la principal causa del cambio brusco del uso de la tierra, las áreas de mayor rango de incidencia están ubicadas en los biocorredores de la parroquia actualmente con los cultivos naturales de pasto.

## **1.2 Delimitación del área de Estudio**

### **1.2.1 Ubicación de la microcuenca del río Culebrillas**

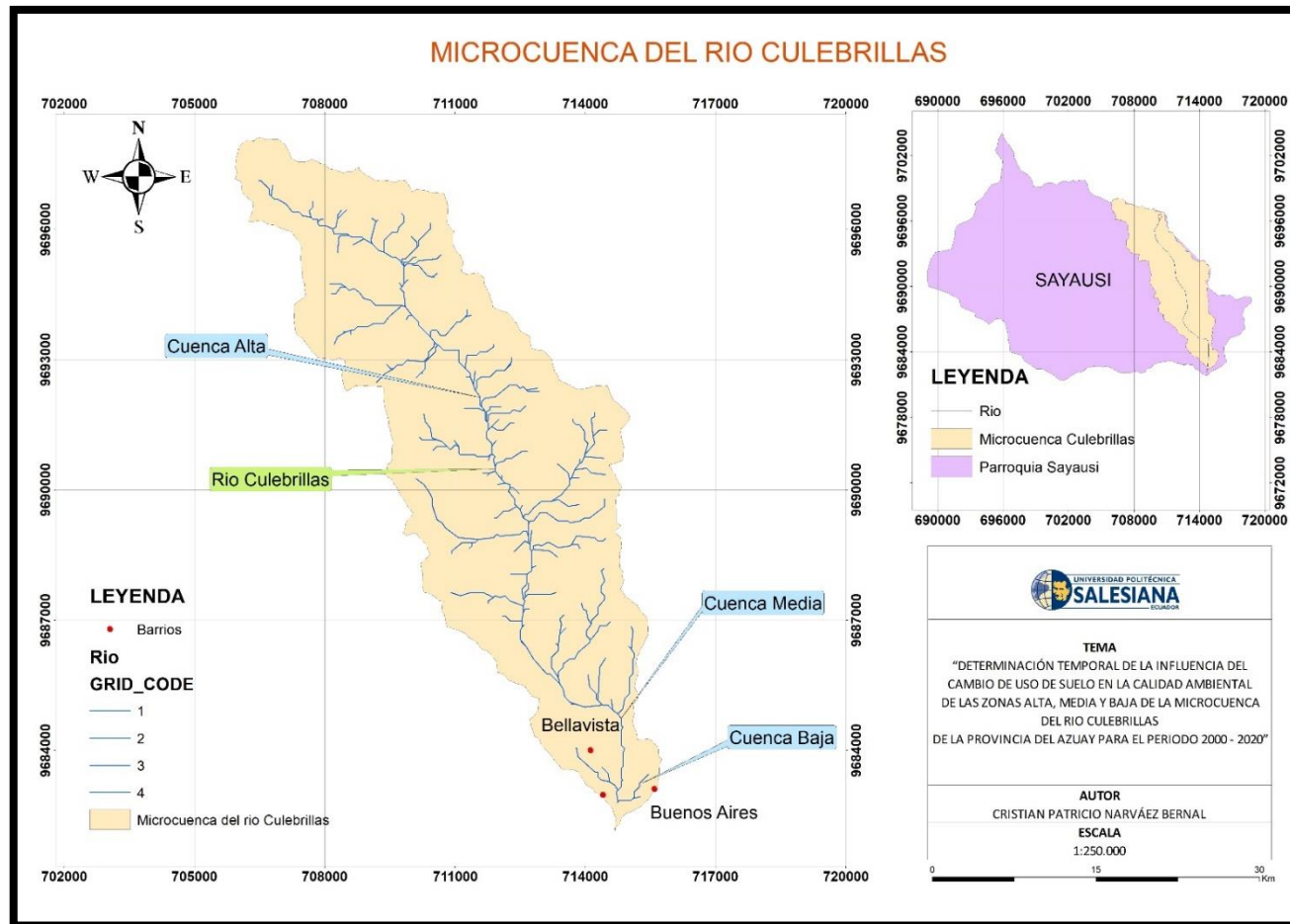
Actualmente el área de trabajo se localiza en la cuenca central del río Paute y superiormente a la subcuenca del río Tomebamba. La distancia actual de la microcuenca hasta la ciudad de cuenca es de 8 km. La microcuenca del río culebrillas se ubica en la zona 17 sur a dirección noroeste a la parroquia de Sayausi. La microcuenca posee un área total de 6077,45ha, administrativamente se localiza en: Azuay 99% y Cañar 0,003%.

(UDA-IERSE, 2004)



*Ilustración 1 Mapa de ubicación Geográfica*

*Elaborado por: Autor*



*Ilustración 2 Microcuenca del rio Culebrillas*

### **1.2.2 Delimitación Temporal**

Se busca analizar los cambios más radicales en relación al uso del suelo que se han producido en la microcuenca de estudio, mediante la utilización de imágenes satelitales de los años 2000 al 2020.

### **1.2.3 Delimitación Sectorial**

El actual trabajo de investigación con tema “Determinación Temporal De La Influencia Del Cambio De Uso De Suelo En La Calidad Ambiental De Las Zonas Alta, Media Y Baja De La Microcuenca Del Rio Culebrillas De La Provincia Del Azuay Para El Periodo 2000 - 2020” se ejecutó gracias a la ayuda de las siguientes instituciones.

- Instituto Geográfico Militar del Ecuador
- Municipio de Sayausí
- Municipio de Cuenca

### **1.3 Justificación del Problema**

La importancia de este análisis es determinar los grandes cambios radicales del uso de suelo de la microcuenca del rio culebrillas, debido que al pasar de los años ha venido a generar un gran deterioro de los ecosistemas, así trayendo consecuencias fatales como la disminución del caudal, aumento parcial de la frontera agrícola y la gran pérdida del uso de suelo profanación de las aguas llegando a una problemática ambiental para las microcuencas.

Se busca la realización de condiciones óptimas de manejo adecuado para la microcuenca del rio culebrillas cuya importancia será la permanencia y cuidado optimo de las coberturas y del páramo donde se requiere las medidas eficaces de protección, debido que las acciones antrópicas deterioran los ecosistemas.

Hay mucha probabilidad que actividades desarrolladas en lugares protegidos como bosques tienen elevaciones pronunciadas, de no ser así podrían producir un deslizamiento de masas y una pérdida de suelos, por lo cual implicaría que hay que considerar la cobertura de bosques como una zona de peligro, pues para la población es un fácil acceso a estos tipos de áreas.

Para ello se pretende manejar el programa de sistemas geográficos, fotografías y mapas para poder determinar un estudio eficaz que nos permita detectar los cambios bruscos generados en un tiempo de 10 años para la microcuenca del río Culebrillas.

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo General**

Determinar el cambio temporal de uso del suelo sobre la calidad ambiental de la zona alta, zona media, y zona baja, de la microcuenca del río culebrillas, mediante el programa de sistemas de información geográficos estableciendo así el cambio de su calidad ambiental en la zona de estudio.

### **1.4.2 Objetivos Específicos**

- Realizar la línea base de la microcuenca del río culebrillas mediante el procesamiento de información cartográfica para dar las características biofísicas y metamórficas.
- Efectuar un análisis relativo multitemporal para los factores deforestación, agrícola, y reforestación de la zona de estudio a través de los mapas temáticos para identificar así la variación del tiempo.

- Modelación para la realización de escenarios posibles en la microcuenca del río culebrillas a través de mapas temáticos para poder tener una dirección de un futuro posible.
- Realizar propuestas trascendentales para el uso correcto del manejo de la microcuenca a través de técnicas de manejo ambiental para evitar el deterioro de la zona de estudio.

### 1.5 Hipótesis

¿Las diferentes condiciones naturales y actividades antrópicas ocasionan cambios violentos de uso del suelo en la calidad ambiental de la microcuenca del río culebrillas en tal caso la zona ha sido afectada por factores antrópicos que causan el desgaste de la cobertura natural de la microcuenca para el periodo 2000-2020?

## **2 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA**

### **2.1 Marco Conceptual**

#### **2.1.1 Modelo Digital de Terreno**

Se define como todo aquello que se evidencie una distribución numeral con varios datos que representen la modalidad de distribución lógica de la estimación que un solo dato sea cuantitativo y específica. Las variables serán las que representen el modelo del terreno donde se debe estructurar de forma numérica, continua y con valoraciones vinculadas a productos uniformes. La variable establece que no tiene una restricción uniforme por lo que se puede realizar un MDT de varios tipos de terrenos que pueda cumplirse con las características esenciales como los modelos de elevaciones. (Valdez Rodríguez, M., Perón Delgado, E., , & Pérez Rangel, M. , 2016)

#### **2.1.2 Datum geodésico**

El geoide es pues una superficie de nivel, normal en todos sus puntos a la dirección de la gravedad y que goza de la siguiente propiedad importante: el plano tangente a cualquiera de sus puntos es normal a la dirección de la gravedad. El datum geodésico no es otra cosa que una manera de referencia de coordenadas tanto (latitud, longitud y altitud). (Caro, 2016)

#### **2.1.3 Imágenes satelitales**

La imagen satelital es la consecuencia de grandes variaciones de radiación producidas o reflejadas por la gran superficie de la tierra mediante sensores que se ubican a costado de satélites artificiales. Existen varios tipos de imágenes las cuales son de características muy optimas como su resolución y elevación. En si la calidad de la fotografía tomada depende del instrumento utilizado y de la altitud. (Sánchez, 2012)

#### **2.1.4 Imágenes landsat**

Son imágenes satelitales que sirven para los recursos terrestres donde está formado por siete satélites por lo cual su operación es dirigida por la Nasa, y la estabilidad de las imágenes será del servicio geológico de los Estados Unidos.

Con el pasar del tiempo las imágenes Landsat trato de obtener más información lógica para su superficie, logrando una precisión muy detallada de varios vectores tales como la radiometría, geometría, logrando la incorporación de sensores de alta resoluciones.

La mayoría de imágenes están compuestas por 7 y 8 bandas sensibles, que en si son elegidas para la inspección de la vegetación, estudios geológicos y la variación de los recursos naturales. Estas bandas espectrales se pueden combinar y generar nuevas imágenes que por su capacidad incrementan su calidad notablemente.(GeoSoluciones., 2011)

#### **2.1.5 Sistemas de información geográficas**

Los sistemas de información geográficos se definen como herramientas informáticas, capaces de gestionar y analizar la información georreferenciada, con vistas a la resolución de problemas de base territorial y medioambiental. Según los datos informáticos se podría hacer un tipo de procesamiento primario para la computarización. Se trataría, por tanto, de la ejecución de sistematizaciones directas. (Miguel, 2020)

#### **2.1.6 Teledetección**

La teledetección estudia en si los cambios espectrales, temporales y espaciales de varias ondas electromagnéticas, cuya función pone en manifiesto las funciones existentes entre los materiales terrestres. Su objetivo principal es la identificación de esos materiales en la parte superficial de la tierra de manera de ondas que procedan a la formación de fenómenos que atraviesen su capa espectral.(Romero, 2016)



### **2.1.7 Manejo de cuencas**

Actualmente el manejo adecuado de cuencas es aprovechar y cuidar de manera espontánea los recursos de la biodiversidad que sustentan al ser humano, llegando a alcanzar una estupenda calidad de valores y armonía con el medio ambiente. Se trata de realizar de manera adecuada el uso correcto de los recursos naturales para el perfecto bienestar de toda una comunidad, debido que esas futuras generaciones tendrán esos recursos por lo que es de manera importante conservar tanto en calidad y cantidad. (Ramakrishna, 1997)

### **2.1.8 Divisorio de aguas**

Se entiende como la línea que pasa entre las vertientes de las cuencas hidrográficas de manera continua llegando a ubicarse en la parte más alta de la superficie, es decir es el corte que presenta una precipitación llegando a dividirse en varias vertientes distintas. (Araque Arellano, M, y otros, 2019)

### **2.1.9 Red de drenaje**

La red de drenaje se entiende, como formación de cauces por lo que fluyen los escurrimientos de forma continua o puntual. Involucra varios parámetros que son capaces de formar un drenado a una velocidad constante, llegando a dar una de las condiciones morfológicas del suelo y de la superficie alta de la cuenca. (Forero Bernal, C. A., & Zabala Parra, P. A., 2016)

## 2.2 Base teórica

### 2.2.1 Cobertura y superficie del uso de suelo

Actualmente la superficie del uso de la tierra es la cobertura biofísica más observada en el manejo de tierras. Hace referencia a la utilización de diferentes tipos de vegetación y elementos antrópicos. La cobertura del uso del suelo son superficies de alto rango de afloramientos muy rocosos que están sobre la tierra causando un suelo desnudo. Hoy en día se considera los cuerpos de agua como una cobertura de la tierra. (Di Gregorio & Jansen, 2005)

El uso del suelo no es más que variaciones que existen en una zona determinada del mismo sector: es decir que en función de los años van a existir varios tipos de usos de suelo en una misma zona. El cambio de uso es afectado por diferentes factores antropogénicos que llegan a modificar a nivel mundial produciendo altos reportes de quema de árboles y degradación. (Cure López, 2012)

El suelo está clasificado de varios tipos de ocupaciones y comportamientos, llegando a generar varios puntos de aportaciones, ya que dependiendo del tipo de ocupación será afectada por la interacción de corrientes de agua con el suelo llegando producir el desgaste de estos recursos. La cobertura es el aspecto morfológico tangible que el suelo puede tener, por lo que el uso hace referencia a varias funciones que determina su cubierta. Los cambios abismales que tiene el uso del suelo han venido a soportar cada vez más su durabilidad de soporte llegando estos a desarrollar diferentes cambios en su planeación y evaluación para la sociedad humana. (Witting Calderon, 2019)

## **2.2.2 Cuencas Hidrográficas**

Las cuencas hidrográficas son espacios de los territorios que provienen de la mayoría de las aguas de precipitación, acuíferos y varios deshielos. La mayoría de estos recursos son los ríos que son dirigidos por un único lugar o llegada de descarga que actualmente son cuerpos de agua muy importantes tales como lagos, océanos. La cuenca hidrográfica es un espacio territorial natural independiente de las fronteras, administrativas internas de un país o de fronteras internacionales. La cuenca es asimismo el territorio en el cual habitan las poblaciones en concentraciones grandes (urbanas) o pequeñas (rurales) y en donde se producen importantes actividades que demandan de agua para su desarrollo. (Núñez, 2011)

(Goigochea Pinchi, 2012), indica que una cuenca hidrográfica también es un ecosistema que implica una mayor complejidad, donde interactúa y se comunican factores biofísicos y socioeconómicos que funcionan como unión de un todo.

## **2.2.3 Clasificación de las Cuencas Hidrográficas**

### **2.2.3.1 Clasificación por mecanismos menores**

(Jaramillo, 2013), menciona que actualmente la cuenca hidrográfica puede dividirse atendiendo al valor de concentración de la red de drenaje, que está definida por unidades menores como subcuencas y microcuencas.

### **2.2.3.2 Clasificación por prominencia relativa**

- **Cuenca Alta**

Son zonas que están alrededor de una la línea divisoria de aguas. En esta zona nace los ríos y riachuelos, donde se capta la mayor cantidad de agua que discurrirá en la cuenca; esta zona debe ser considerada como “de reserva”, ya que la diversidad de especies naturales que influyen en el almacenamiento de agua no debe ser alteradas (Verdugo Cárdenas, 2017)

- **Cuenca Media**

Es una zona intermedia entre la cuenca alta y cuenca baja, llamada también zona de transición, en la que los escurrimientos confluyen unos con otros aportando diferentes caudales al cauce principal, se encuentran entre la zona de montaña y la zona más o menos plana de la costa. (Aguirre, 2007)

- **Cuenca Baja**

Corresponde a la zona donde se acumula o sedimenta el material transportado por el río, caracterizada por presentar una topografía de relieve aplanado, conocido como llanura aluvial. (Gutiérrez Huamán, 2014)

#### **2.2.4 Tipos de cuencas**

(Juárez, 2016), establece que por las distribuciones parciales de cada escurrimiento de una cuenca hidrográfica se componen en:

- **Cuencas arréicas**

Se manifiestan de manera constante por sus aguas que acompañan los embalses cuyo logro es no desembocar en lagos ni en mares ya que de manera primordial estas se evaporan y se filtran al suelo, son mas presentes en las zonas áridas y desiertos.

- **Cuencas criptorréicas**

Son especialmente cuencas que fluyen subterráneamente, se filtran permanentemente.

- **Cuencas endorreicas**

Aquella que de manera inconsciente el agua no tiene salida fluvial desapareciendo por la evaporación

- **Cuencas exorreicas**

Son aguas abiertas que si tienen un punto de salida fluvial ya sea en el mar o lagos.

## **2.2.5 Gestión de cuencas Hidrográficas**

La gestión y el apropiado tratamiento parcial de las microcuencas presentes son un conjunto vinculado de operaciones para la identificación y disminución del porcentaje de daños que ocasionan las actividades no aptas para la zona que se ejecutan en las Subcuencas y Microcuencas a través de expectativas técnicas, y económicas para recuperar áreas que se han perdido por el mal uso de los bienes del sistema natural además de optimizar la eficacia de del buen vivir y del progreso del territorio secundario. (Pérez & Shinomi, 2002)

## **2.2.6 Cobertura vegetal presente en la microcuenca**

### **2.2.6.1 Bosque natural**

Son principalmente bosques que van regenerando a una manera muy natural tanto sus especies como los que habitan principalmente son plantas, arboles, donde presentan de forma natural y pacífica. (FAO, 2021)

### **2.2.6.2 Matorrales**

La mayoría de matorrales son de tipo de ecosistemas que dependen de una variación de campos o espacios naturales en la vegetación en si son las matas y arbustos. Se localizan en varios tipos de césped así tales como plantas herbáceas. (Acosta, 2016)

### **2.2.6.3 Pasto**

El pasto es proveniente de sus principios vegetales es el alimento vegetal que crece en el suelo de los campos se destina para el ganado. (Fillat, 2008)

#### **2.2.6.4 Paramo**

El páramo por lo general se manifiesta con características a un clima tipo montañoso, donde la mayor parte de las plantas son arbustos. Este tipo de arbustos son forados a partir de los 3000 metros sobre el nivel del mar ya que la mayoría hacen referencia a zonas de poca fertilidad. (Sandra, 2020)

#### **2.2.7 Teledetección de cuencas hidrográficas**

La teledetección se define como la observación a distancia de los objetos, sin estar en contacto directo con ellos. Montados sobre distintas plataformas, los sensores pasivos capturan la energía proveniente del sol que es reflejada, así como la emitida por la superficie en distintas longitudes. (Di Bella, 2008)

Los cambios de detección son variaciones multitemporal de estimaciones prolongadas que acumulan distorsión y división, llegando a procesos que requieren de una conveniente utilización radiométrica con el propósito de cuando ocurra un cambio solo esta sea distribuida a modificaciones. (Ambrosio, 2002)

#### **2.2.8 Proceso analógico de imágenes**

La atribución de imágenes de diferentes años no son más que una variación muy importante en los procesos analógicos de toda imagen. La superficie enfoca a la luz es la más visual debido que tiene procedimientos físico-químicos para la realización de la combinación del análogo que permite juntarse con la imagen. (Torres, 1996)

### 2.2.8.1 Corrección Geométrica

La corrección geométrica localiza el sistema relacionado a los modelos de coordenadas cartográficas de cada pixel, determinando cada uno de los datos establecidos con el propósito de organizarlos en forma de líneas y columnas. En la cuestión de áreas montañosas, cada relieve será modificada para su diferente distribución de variables con la relación de la geometría de análisis de cada uno de los sensores para su uso adecuado de la elevación geométrica. (Rocchini, 2005)

En la actualidad las imágenes de alta resolución son utilizadas de forma constante para la teledetección. De manera general existe varios pasos que ayudan al adecuado uso correcto de la imagen: la inicial la rectificación y la segunda la ortorrectificación. La utilización de otros tipos de métodos de variación de corrección vinculados con parámetros orbitales no son buenos resultados con los sensores adecuados debido a la estabilidad de la órbita del satélite. (Huseby, 2005)

El primer método propuesto es la rectificación inicial de sus coordenadas, debido que los puntos de ayuda son identificados en cada imagen llegando a la utilización de cálculos de los espacios definidos de referencia que interviene las coordenadas x e y. (Cuartero, 2003)

El siguiente procedimiento propuesto es la determinación de pixeles debido a la sistematización de las variables en función de sus coordenadas. El mayor motivo es proceder a calcular sus datos de un factor inicial, especificando su salida del terreno. Estos movimientos serán analizados y dependerán de la orientación de su propio punto de elevación y del sensor en función al movimiento. (Cuartero, 2003)

### 2.2.8.2 Corrección Atmosférica

El termino corrección atmosférica forja reseña a cada imagen digital, con el propósito de arreglar el reflejo visual de cada radiancia establecida debido que estos se introducen al sensor y son notablemente reflejados a la luz de cada imagen, siendo esto los productos de interacción de alto índice de capacidad logrando una mejora instantánea de la eficacia visual de la corrección de la imagen . (Arias, 2014)

Según (Miralles, 1991), es muy importante la aplicación de procesos de corrección atmosférica principalmente cuando en el análisis se realizan varios cálculos, o bien donde existe una intervención de bandas de una imagen multiespectral , por lo cual la variación de la dispersión aumentara de forma gradual con la longitud, por lo cual se verán dañados los diferentes módulos del sensor.

### 2.2.8.3 Clasificación de imágenes

Según (Vicens, 2009) Las técnicas de clasificación de imágenes posibilitan la transformación de imágenes crudas (fotografías aéreas, imágenes de Satélite, etc.) en datos temáticos o mapas que mostraran información con un significado evidente. Como sucede a menudo, existen diferentes técnicas para poder llevar a cabo estas clasificaciones.

#### - Clasificación Supervisada

La clasificación supervisada hace referencia a la participación impulsiva de análisis de cada clasificación de la imagen satelital, en una situación lógica es aquel que realiza la tarea del software donde debe ser clasificada uno de los pixeles originados en la imagen. (Monterroso, 2013)



### - **Clasificación no Supervisada**

Esta clasificación guarda relación con la valoración del color y del tono para poder identificar sus identidades específicas hay que realizar un concreto análisis que se procederá a validar los resultados obtenidos para poder identificar sus entidades pixeladas con desarrollo visual y controlado. (Monterroso, 2013)

### **2.2.9 Análisis Multitemporal**

En la actualidad el análisis multitemporal permite identificar el cambio entre las diferentes fechas de estudio con la referencia deducida de la evolución radical del medio biofísico o de las repercusiones del ser humano sobre el medio ambiente. (Ruiz, 2014)

Los estudios multitemporal de análisis tipo espacial realizados mediante la comparación de las coberturas interpretadas en imágenes de satélite, fotografías aéreas o mapas de la misma zona para diferentes periodos de tiempo. (Chuvieco, 1992)

### **2.2.10 Calidad Ambiental**

Según (PÉREZ, 1996) se refiere a un ambiente específico y natural urbano como “el marco físico que soporta y permite el desarrollo de una sociedad urbana, el cual actúa y sufre cambios con relación a la presencia humana, y lo conforman factores de orden físico (clima, substrato geológico, atmósfera, suelo) y biológico (plantas, animales y el hombre)”, con la finalidad de establecer así su uso de mejoras , a su menor riesgo natural y al bajo problema ambiental que existe en la atmosfera terrestre.

### 2.2.10.1 **Degradación**

Se define como el aumento en la vulnerabilidad de la sociedad global tales como los componentes físicos, sociales, ecológicos de la microcuenca y del medio ambiente. (Rodríguez A. , 2013)

La inadecuada gestión de los varios recursos naturales existentes a nivel mundial se viene contribuyendo a la pérdida de la vulnerabilidad ante los peligros y desastres por lo cual se correlacionan, para la determinación de la degradación de los ecosistemas presentes. Para estudios prácticos se realizan varios métodos de amortiguación natural. (Rodríguez A. , 2013)

### 2.2.10.2 **Problemas**

Hoy en la actualidad se considera que las cuencas hidrográficas son muy afectadas por muchos factores que producen daño y deterioro ambiental. La expansión agrícola, la escasez y contaminación del agua, deforestación, planes de ordenamiento territorial ineficientes, cambio climático.

- **Socioeconómicos:**

En la actualidad las cuencas hidrográficas presentan pobreza donde la motivación es emigrar hacia las zonas urbanas, debido que existe mucha destrucción ambiental provocando la deforestación, inundaciones y grandes sequías.

- **Naturales**

Las cuencas hidrográficas se ven afectado cada día más sea por la imprudencia humana o natural como son las sequías, terremotos, olas de calor deslizamientos de tierra, incendio natural donde perjudican el estado de las cuencas hidrográficas.

### **2.2.11 Cadenas de Márkov**

Las Cadenas de Márkov simulan los estados de un sistema en un tiempo determinado, a partir de dos estados precedentes en el espacio, esto significa que la modelización no tiene en cuenta las variables explicativas y descriptivas, sino que se basa exclusivamente en el análisis de la dinámica interna del sistema. (Jiménez López, 2019)

Según (López, 2008) Es el método más útil para modelar procesos estocásticos y de evolución probabilística, cuando se conoce solamente la situación presente. El crecimiento urbano y otros muchos procesos que podemos observar en la variación del tiempo son modelados mediante procesos estocásticos, como cualquier colección de variables aleatorias  $\{X(t)\}$  que dependen del tiempo  $t$ .

## **2.3 Estado del arte relacionado a la investigación**

### **2.3.1 Nivel Nacional**

En el artículo **“FOREST COVER CHANGE TRAJECTORIES AND THEIR IMPACT ON LANDSLIDE OCCURRENCE IN THE TROPICAL ANDES”**,

Lanzado en el año 2013 se enfoca y toma como área de estudio la subcuenca del Río Llavircay, permitiendo la determinación de la cobertura con el factor del tiempo determinando un análisis de movimiento de tierras, “la metodología que se llevó a cabo se basa en el uso de fotografías aéreas de los años 1963, 1973, 1983, 1995 y tres estudios de campo en los veranos de 2008, 2009 y 2010 para completar el mapeo detallado de deslizamientos y cobertura terrestre sin embargo, debido a las diferencias en la calidad y la escala entre las fotografías aéreas, la clasificación de la cobertura del suelo se realizó manualmente utilizando un estereoscopio”,

Según el estudio se concluyó “que la regresión logística de eventos raros con repeticiones se puede analizar los factores de control de derrumbes en una cuenca andina tropical como de la Subcuenca del Río Llavircay”, dando como conclusión que la mayoría no se hayan correlaciones entre degradaciones de bosque y los patrones de deslizamiento. (Guns, M & Vanacker, V, 2013)

Según la tesis de pregrado del año 2014 se realizó una publicación especializado sobre **“ANÁLISIS DE LOS CAMBIOS DE LA COBERTURA Y USO DE LA TIERRA”**, Analizado en el “departamento de Cajamarca, específica que, para la elaboración del presente estudio, se recibió asistencia técnica de especialistas de la Dirección General de Ordenamiento Territorial DGOT del Ministerio del Ambiente-MINAM; además recoge e incorpora aportes de la Comisión Técnica Regional – CTR”, la metodología aplicada “según lo dispuesto por el Ministerio del Ambiente (R.M. N.º 135-2013-MINAM), se basó en el procesamiento digital de imágenes satelitales utilizando los softwares ENVI y ArcGIS que permitieron generar cartografía temática de cobertura y uso de la tierra para los periodos 2001 – 2013, cuyas unidades fueron clasificadas de acuerdo con la metodología *CORINE Land Cover-CLC* ”.

Según los resultados obtenidos indican un cambio total de la cobertura donde el área de estudio de “599,236.15 hectáreas que representa el 18.18%, mientras que la permanencia del paisaje a una superficie de 2’696,027.69 hectáreas que representa el 81.82% del área departamental, lo cual significa la fragmentación paulatina del paisaje en perjuicio de la superficie de hábitats naturales y en el aislamiento de los mismos, Asimismo, se han determinado los siguientes cambios según tipo de cobertura: áreas de extracción de minería 0,03%, cultivos transitorios 0,12%, pastos 0,34%, cultivos heterogéneos 1,67 %, bosques 4,70%, bosques plantados 0,03%, vegetación herbácea o arbustiva 7,95 %, áreas

con poca vegetación 0,24%, áreas húmedas continentales 0,001% y aguas continentales 0,13%; de los cuales la cobertura que más cambio ha presentado el de áreas con vegetación herbácea o arbustiva”. (Alcántara, 2014)

En el año 2016 se realizó un estudio sobre **“ANÁLISIS DE LOS CAMBIOS DE COBERTURA Y USO DEL SUELO EN EL DISTRITO DE CHOTA AÑOS 1989-2013”**, según el análisis indica que determinan los cambios de diferentes usos de cobertura vegetal del suelo. El resultado del estudio “fue realizar un análisis del cambio de la cobertura vegetal y uso del suelo en el distrito de Chota en un periodo de 24 años (1989-2013), mediante la utilización de imágenes satelitales”. La investigación determina que los cambios del uso del suelo están proporcionados por las actividades antrópicas. (Tantaleán, 2016)

Según el estudio realizado en el año 2012 **“DETERMINACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL CAMBIO DE USO DE SUELO EN LA CALIDAD AMBIENTAL DE LA CUENCA DEL RÍO DÉLEG”**, se puede especificar los problemas más existentes “donde en la microcuenca, entre los cuales podemos citar: incompatibilidad de uso de suelo, crecimiento de la frontera agrícola, pérdida de ecosistemas, pérdida de suelos productivos, degradación de la microcuenca, entre otros, además se determinó que las tasas de cambio más preocupantes y que generan un mayor deterioro fueron la pérdida de páramo (0,09 has/año) y un aumento anual de 0,15 has/año de suelos descubiertos (degradación), asimismo se pudo constatar que el factor migración, es uno de los que influyen directamente en la ocupación del suelo en la microcuenca”. (Cure López, 2012)

Según el trabajo de investigación realizado por (Villalta Ojeda & Yumbay Taris, 2020) **“DETERMINACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL CAMBIO DE USO DE SUELO EN LA CALIDAD AMBIENTAL DE LAS ZONAS ALTA, MEDIA Y BAJA EN LAS MICROCUENCAS DE LOS RÍOS GUALLICANGA Y SAN ANTONIO DEL CANTÓN CAÑAR Y EL TAMBO 1990-2018”**, determinan que la “calidad ambiental se comprobó que las actividades económicas que se realizan dentro de la microcuenca principalmente son la agricultura y ganadería, actividades que influyen sobre el cambio de uso de suelo en las microcuencas, además, otro factor determinante sobre el cambio de uso de suelo es la migración, ya que en el último periodo de estudio se evidencia un aumento de la población en las microcuencas”.

Realizado el análisis correspondiente concluyen que para la “microcuenca San Antonio durante los periodos: 1990 –2000 los cambios más representativos son la pérdida de bosques con una tasa anual de cambio de 0,001%, es decir 0,97 ha/año y el aumento del suelo descubierto con una tasa anual de cambio de 0,002%, equivalente a 34,48 ha/año, asimismo, en el periodo 2000 –2010 se evidencia una pérdida de páramo de 23 ha/año, a su vez los bosques aumentan su cobertura en 26 ha/año; esto debido a los proyectos de reforestación que se realizaron en la década anterior”.

Por su parte en la microcuenca San Antonio para el “periodo 2010 –2018 ya que las actividades agrícolas y ganaderas se han desplazado hacia la zona alta de la microcuenca se evidencia el aumento de la cobertura pasto en 222 ha/año y la pérdida de páramo en 95 ha/año”.

### **2.3.2 A nivel Internacional**

Según el estudio publicado en el año 2015 sobre **“CAMBIOS DE LA COBERTURA DEL SUELO EN LA RESERVA NACIONAL SALINAS Y AGUADA BLANCA - AREQUIPA, MOQUEGUA – PERÚ, EN RELACIÓN A LA VARIACIÓN DE LA TEMPERATURA Y PRECIPITACIÓN, DURANTE EL PERIODO 1986 – 2010”**, Determinan que “11 clases o tipos de coberturas de suelo, en dos grandes grupos: suelos con vegetación y suelos con escasa o nula vegetación, en el primer grupo se distinguieron 6 clases de cobertura: pajonal, tólar, césped de puna, bofedal, Queñual y agricultura asociado con monte ribereño, mientras que el segundo grupo está conformado por 5 clases de cobertura: nevado, cuerpo de agua, embalse, salar y suelo sin o pobre vegetación. Para el NDVI, promedio por cada cubierta y monte ribereño presenta mayor vigor con un 0,17, seguido inmediatamente por la bofedal con un 0,16; sin embargo, el pajonal y tólar son los que obtienen los más bajos valores, con tan solo un 0,02. El año de 1986 presenta el mayor índice de vigor de 0,10, mientras que 1992 solo alcanzo un 0,06. La temperatura y precipitación no se encuentra relacionada con el NDVI en forma sectorizada. En la relación de la temperatura con la precipitación se dan tiempos secos y húmedos que coincide con el área de la cubierta vegetal, siendo este mayor en el tiempo húmedo, así como es mínima en tiempo seco”. (Nina Quispe, 2015)

En el año 2011 se analiza un estudio sobre **“EVALUACIÓN DE CAMBIOS EN LA COBERTURA Y USO DE LA TIERRA CON IMÁGENES DE SATÉLITE EN PIURA – PERÚ”**, cuyo objetivo es “evaluar el cambio de la cobertura y el uso de la tierra”. Por lo que se utilizó el procesamiento digital de imágenes del “satélite *LANDSAT 5* registradas entre 1999 y el 2001, a través de una clasificación supervisada, los resultados se compararon con el mapa de bosques secos elaborado por INRENA (Instituto Nacional de Recursos Naturales) con interpretación visual de imágenes *LANDSAT 5* registradas entre 1986 y 1994”. (Zorogastúa Cruz, P, Quiroz Guerra, R, & Garatuza Payán, J, 2011)

En el año 2009 se realizó el estudio **“ANÁLISIS DEL PROCESO DE CAMBIO DE USO Y COBERTURA DE SUELO EN LA EXPANSIÓN URBANA DEL GRAN VALPARAÍSO, SU EVOLUCIÓN Y ESCENARIOS FUTUROS”**, dice en su objetivo principal e“l “análisis del proceso de cambio de usos /coberturas de suelos causados por la expansión urbana en el Gran Valparaíso y realizar proyecciones para simular los escenarios de los años 2016 y 2025, con el fin de proporcionar antecedentes que permitan mejorar la planificación urbana, ambiental y territorial”.

Para su desarrollo de la información se obtuvo como punto número uno las coberturas de “uso de suelo de los años 1989, 1998 y 2007 a través de fotointerpretación de Imágenes Satelitales *LANDSAT TM*. Se concluye que, a partir del análisis realizado, queda demostrado que El Gran Valparaíso ha presentado una constante expansión de su superficie urbana en el período observado, desde 1989 hasta el año 2007, a partir de las simulaciones realizadas el proceso de expansión, seguirá con tendencia creciente y las tasas de crecimiento observadas continuaran manifestándose”. (Verdugo, 2009)



En el lapso del año 2011 se realizó el estudio **“DEFORESTACIÓN Y CAMBIO EN LA COBERTURA DEL SUELO EN COLOMBIA DINÁMICA ESPACIAL, FACTORES DE CAMBIO Y MODELAMIENTO”**, “analiza el cambio en la cobertura y uso del suelo con énfasis en los procesos de deforestación en dos regiones contrastantes de Colombia: Andes y Guyana, entre 1985 y 2000, se aplicó un enfoque espacial y temporal a partir de modelos de LULCC (Land Use Land Cover Change), para evaluar y predecir los procesos de cambios asociándolos a variables explicativas y junto con métricas del paisaje y sistemas de información geográfica se analizaron patrones de deforestación”. Según los datos estadísticos del proyecto establece que la “cobertura del suelo se basó en la interpretación de imágenes satelitales y las variables explicativas incluyeron datos biofísicos y socioeconómicos provenientes de una amplia gama de fuentes de información, finalmente se modelizó el potencial de cambio futuro en ambas regiones prediciendo su evolución e identificando zonas de alto riesgo de deforestación y sus implicaciones frente a la conservación de la biodiversidad”. (Rodríguez, 2011)

### **3 MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1 Nivel de investigación**

De acuerdo al nivel de investigación es de tipo descriptivo debido que consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno, individuo o grupo, con el propósito de establecer su estructura o comportamiento, debido que los resultados serán logrados gracias a la interpretación lógica de imágenes satelitales Landsat y de los procesos de verificación de documentos, lo que permitirá ejecutar las observaciones con la confiabilidad de los identificadores generados en el cambio de uso de suelo de la microcuenca del río Culebrillas para los periodos 2000-2020.

El diseño de investigación empleado en esta investigación es documental mediante la extracción de variedades predefinidas a partir de documentación referente a la microcuenca del río Culebrillas donde se trabajará en la recopilación, resarcimiento, observación, crítica e interpretación de la validación de datos secundarios, que han sido recuperados y asentados por varios investigadores o de fuentes documentales.

Se trabajará con fuentes impresas como: mapas, fotografías, gráficos, publicaciones, libros, datos numéricos, bases de datos, tesis y trabajo de grado. También se aplicará fuentes electrónicas como: Páginas web, publicaciones periódicas en línea.

El tipo de investigación según el propósito que se emplea es de nivel de estudio de medición de variables independientes a partir de datos secundarios.

#### **3.2 Población y Muestra**

La población tomada en el presente trabajo de investigación pertenece a las poblaciones y comunidades de la microcuenca del río culebrillas, por lo cual estas se encuentran en el rango de límite de la provincia del Azuay por lo que atraviesa la parroquia de Sayausi.

Inicialmente se trabajará con muestras aleatorias con el fin de realizar el numero adecuado de puntos de controles por lo que todos los factores tienen la probabilidad de ser incluidos. Por lo tanto, la probabilidad, conocida mayormente será distinta de cero y de uno.

### **3.3 Variables**

#### **3.3.1 Dependientes**

En el proyecto se utilizará como variable principal el uso del suelo, la cual está determinada por varios factores de dimensiones tales como: cuerpos de agua, cobertura vegetal, uso del suelo agrícola, pastos, bosques, paramos. Estos factores serán medidos mediante las unidades porcentuales para poder interpretar de manera más eficiente.

#### **3.3.2 Independientes**

Se tomo como punto de variable la estima del área de la microcuenca del rio culebrillas que es de 6077,45ha y la variable del tiempo.

### **3.4 Instrumentos y técnicas de aceptación de datos**

La investigación se desarrolla mediante el diseño de investigación documental la cual se aplica las técnicas de análisis documental y análisis de contenido, mediante los instrumentos de cuadro de registro y clasificación de las categorías tales como: programas informáticos tales como Xmind, SmartDraw, pdf.

Se tomará información de los antecedentes de todos los procedimientos territoriales de la parroquia de Sayausi según su actualización del 2015 para así determinar el uso actual del suelo. Además, se tomarán mapas, imágenes satelitales, fotografías y trabajos de investigación en el área de trabajo.

### **3.5 Técnicas de análisis y procesamiento de datos**

La técnica de Análisis que se aplicara es una clasificación de imágenes satelitales donde posteriormente se codificara mediante colores. Para el procesamiento de los datos obtenidos se utilizará un análisis estadístico descriptivo, en el cual; mediante tablas, graficas, mapas, proyecciones y regresiones donde se presentarán los datos obtenidos para el análisis de resultados. Posteriormente se utilizará una estadística inferencial que nos permita inferir diferentes criterios de los procedimientos a partir de los valores obtenidos. Se utilizará instrumentos tales como: Sistemas de información geográficos, Matlab, Spss y Minitab.

### **3.6 Protocolo**

#### **3.6.1 Recolección de datos de investigación suplementarios**

La Recolección de información consistió en agrupar toda la investigación cartográfica de libre acceso con el fin de proporcionar archivos vectoriales y archivos modificados a ráster. Se verifico la información de los planes de ordenamiento territorial de la parroquia de Sayausi para representar un mejor estudio. Se supo verificar estudios y artículos realizados que sirvieron para la toma de información y consulta de datos estadísticos para la finalidad de proponer las propiedades físicas y ambientales más factibles para la zona de estudio a realizar. La línea base se realizó mediante el objetivo de mapas correspondientes del uso del suelo para los periodos 2000-2020 mediante la utilización de imágenes landsat encontradas en el sistema del sitio web de los Estados Unidos.

De manera autónoma se realizó vistas a la microcuenca del rio culebrillas para el reconocimiento de la zona y lugares aledaños con el fin de ayudar de manera autónoma identificar y analizar las imágenes satelitales a la selección de puntos para la validación final propuesta por cada imagen

### **3.6.2 Generación paulatina de la línea base**

Este objetivo se tomó mucho en cuenta la consideración procesada de la información obtenida cartográficamente a través de estudios realizados y verificados, para la toma de las características biofísicas y los diagnósticos más comunes de infraestructura correspondiente a la microcuenca. Luego de un análisis profundo y bien adecuado se comenzó a la toma de parámetros en los distintos puntos de movimientos de la línea base.

### **3.6.3 Análisis multitemporal y programas de sistemas de información geográfica**

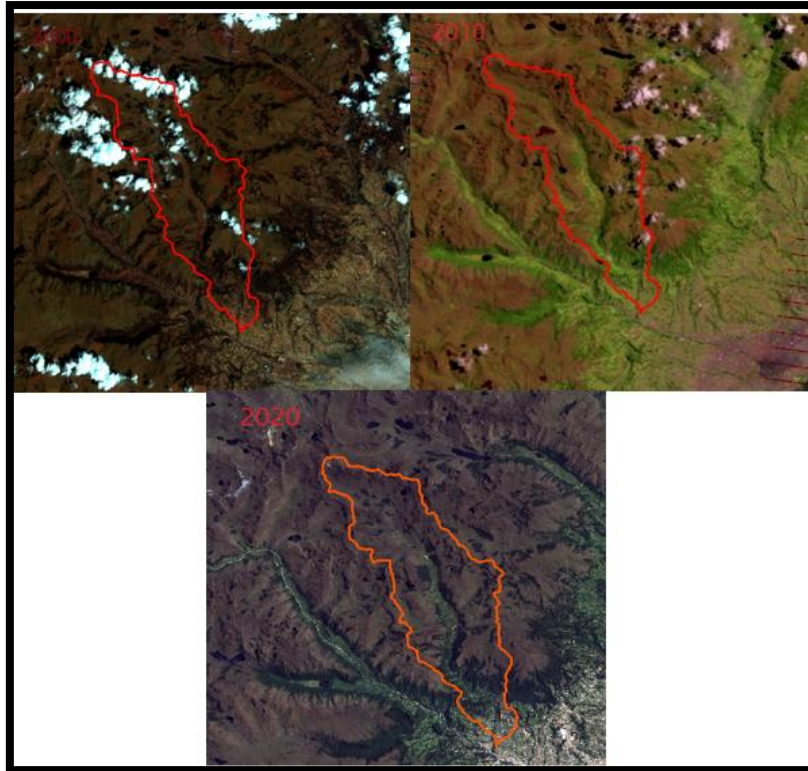
En la zona de actividad parcial se verifico el análisis adecuado para la verificación multitemporal en donde se aplicó varios puntos de procedimientos adecuados, y así controlando el procedimiento a realizar desde un tratamiento lógico de las imágenes hasta llegar a un punto de generación de mapas para los distintos usos que cada suelo posee.

#### **3.6.3.1 Preprocesamiento de imágenes Landsat**

En este punto lo que se realizo fue un tratamiento adecuado de cada imagen satelital tanto su combinación de bandas como de colores siendo así a los años 2000,2020 donde posteriormente estas imágenes se obtuvieron mediante la página de la USGS. **(Ilustración 3)** se puede identificar las imágenes seleccionadas para el estudio.

Las imágenes fueron analizadas, donde se tomó varios puntos a considerar como:

- La relación de porcentaje de nubes en el área de trabajo, debido que imágenes con una gran cantidad de índice de nubosidad no son aplicables para su análisis.
- El periodo de los años de cada imagen ya que para un adecuado análisis multitemporal se toma mucho en cuenta un tiempo máximo de 10 años para una visualización adecuada y bien definida.
- La estimación de la resolución de cada imagen debe ser de igual manera.



*Ilustración 3 Imágenes Satelitales*

*Fuente: Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS)*

*Tabla 1 Características de las Imágenes Satelitales*

<b>IMÁGENES SATELITALES LANDSAT</b>			
	<b>FECHA</b>	<b>SENSOR</b>	<b>RESOLUCION</b>
Microcuenca del rio Culebrillas	18-dic-2000	ETM 7	30 metros
	24-agos-2010	ETM7	30 metros
	27-agos-2020	OLI / TIRS/8	30 metros

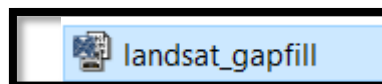
*Fuente: Autor*

### 3.6.3.2 Corrección de Bandedo

La corrección de bandedo es un fenómeno debido a una mala calibración de los sensores SLR-OFF y se presenta en zonas de muy poca calibración de radiancia, como son las zonas marinas. Como resultado es la aparición de zonas más oscuras o líneas negras donde evita una clara resolución.

La corrección nos permite calibrar de una manera más visible y poder combinar las bandas de una manera más eficiente para así lograr un resultado más exacto.

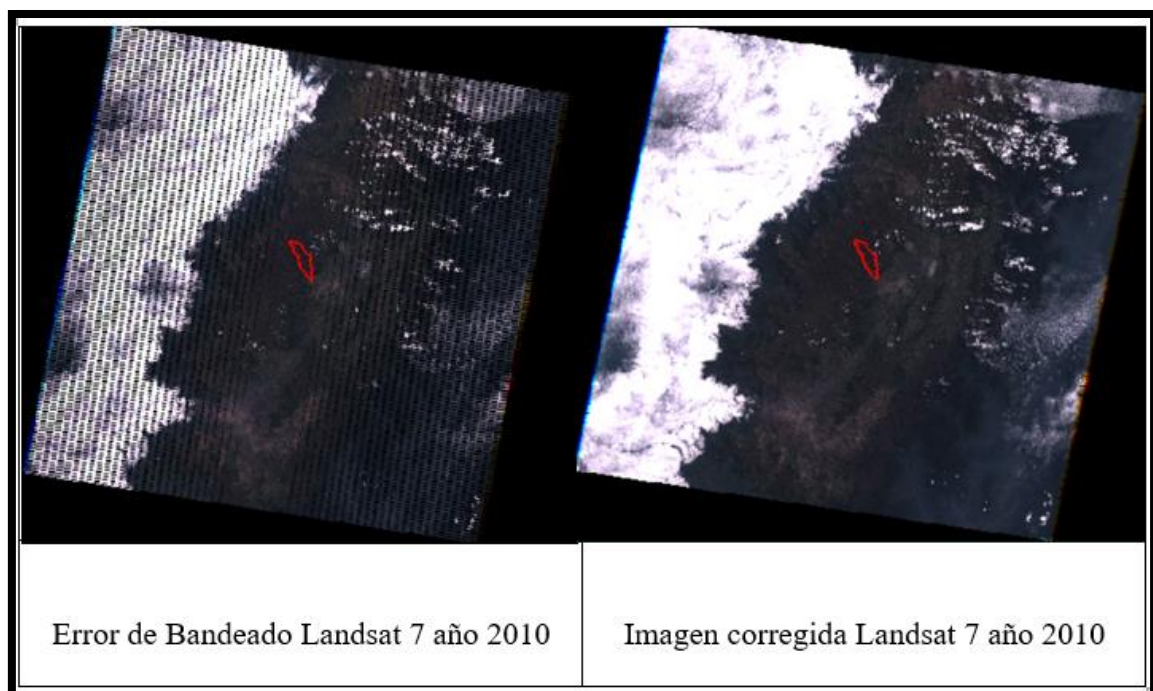
Para la corrección es necesario la utilización de una herramienta llamada Gap\_Fill (**Ilustración 4**) donde se adiciona a la caja de extensiones del programa ENVI 5.3, esta herramienta nos favorece a optimizar la calidad de pixeles proporcionada por el satélite LANSADT 7 cuyas fallas son ya proporcionadas de los satélites.



*Ilustración 4 Herramienta GapFill*

*Fuente: Autor*

Se procede a la corrección de bandas procurando tomar la elección de MTL como punto principal seleccionando los files adecuados, para así añadir la sub- imagen con 30m de observación multiespectral luego se carga la imagen correcta después el programa generara los valores correspondientes.



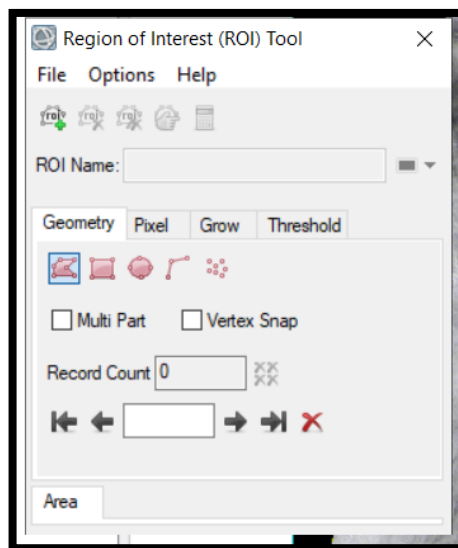
*Ilustración 5 Corrección del error de Bandeado*

*Fuente: Autor*

### 3.6.3.3 Corrección Radiométrica

Este punto se llevó a cabo para la adecuada restauración de píxeles perdidos que contiene las imágenes, su objetivo principal es la calibración de los errores originados por el sensor dando píxeles de poca resolución.

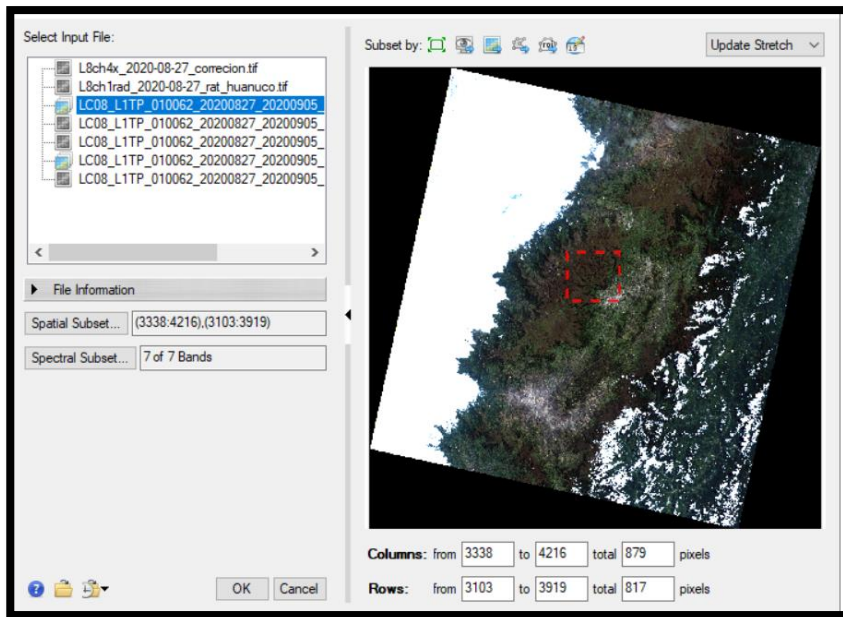
Para priorizar una apropiada estabilidad y corrección es verificar el área de interés relacionando con los problemas de sensor, después se verifica el área prolongada y se abre una ventana con el nombre de ROI (**Ilustración 6**) la cual será la encargada de verificar y seleccionar cada área de prolongación según el estudio proporcionado donde manualmente se asignará un nombre específico. Posteriormente el programa señalará la zona de trabajo permanente se dirige a Toolbox y la herramienta Radiometric calibration (**Ilustración 7**) de este modo podremos realizar adecuadamente la calibración de forma directa de las imágenes de los años 2000 y 2020. (**Ilustración 8**)



*Ilustración 6 Asignación de Roí*

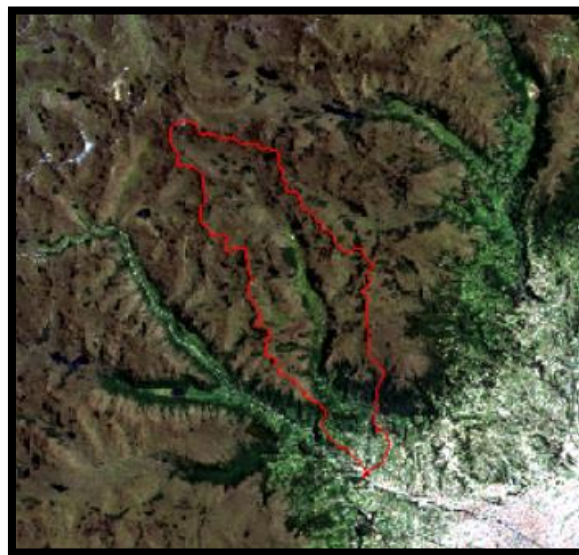
*Fuente: Autor*





*Ilustración 7 Área de estudio seleccionada*

*Fuente: Autor*



*Ilustración 8 Calibración Radiométrica*

*Fuente: Autor*

### 3.6.3.4 Calibración Atmosférica

Una vez realizada la verificación de la corrección radiométrica se toma en consideración a la segunda fase, que es la calibración atmosférica cuya importancia es la eliminación de varios tipos de errores que se puede provocar en la atmosfera terrestre con el objetivo de eliminar esos errores como son los más comunes los cuerpos de agua, que están presentes logrando dañar y modificar a sensores de ondas multiespectrales. Para este método se utilizó el método FLAASH que implica una eficacia muy alta para la calibración tomando mucho en cuenta que el programa de ENVI si lo tiene en sus cajas de herramientas, logrando que se proceda a la realización adecuada de cada una de las diferentes imágenes de cada año. (Ilustracion9)

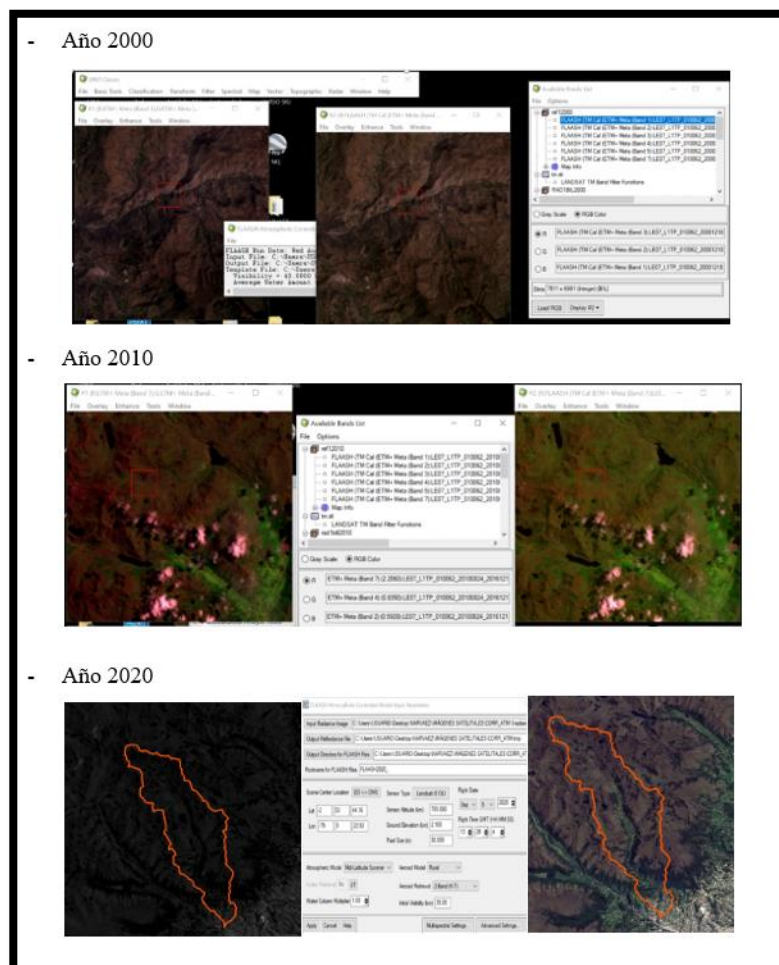


Ilustración 9 Corrección Atmosférica

Fuente: Autor

### 3.6.3.5 **Elaboración de los mapas según su uso de suelo**

Para la generación de los mapas de los años 2000,2010,2020 se realizó gracias a la correcta verificación y estimación de la calibración de todas las imágenes para generar archivos y combinar sus bandas de manera adecuada con la resolución de RGB que implica verificar los parámetros como bosque, páramo, pasto, y suelo descubierto.

### 3.6.3.6 **Clasificación de imágenes**

En la clasificación de imagen fue un punto muy importante debido que se utilizó el método supervisado que incluye para todos los años, definitivamente se tomó el adecuado uso del programa ENVI 5.3. ya que es de suma importancia para poder determinar sus niveles de pixeles de cada imagen de tal manera nos favorezca para la elaboración y la identificación de las coberturas del uso del suelo según su tipo de clase.

Posteriormente cada clase se determinó las zonas correspondientes y bien representativas para cada una de ellas. Permitiendo así el análisis de separabilidad espectral de cada una de las clases generadas con el objetivo de definir si esas clases están aptas para el análisis correspondiente

### 3.6.3.7 **Identificación de las zonas**

Para la identificación se propuso varias áreas de puntos de entrenamiento que cada uno pose características espectrales similares para cada uno de las categorías, tomando mucho en cuenta que lo principal en esta identificación es el parámetro de la altura debido que algunas clases tienen particularidades espectrales similares. En la toma de puntos de la zona de alto interés ROI se realizó manualmente lo que implica que varias zonas de toma de muestras serán semejantes a otras. **(Ilustracion10)**

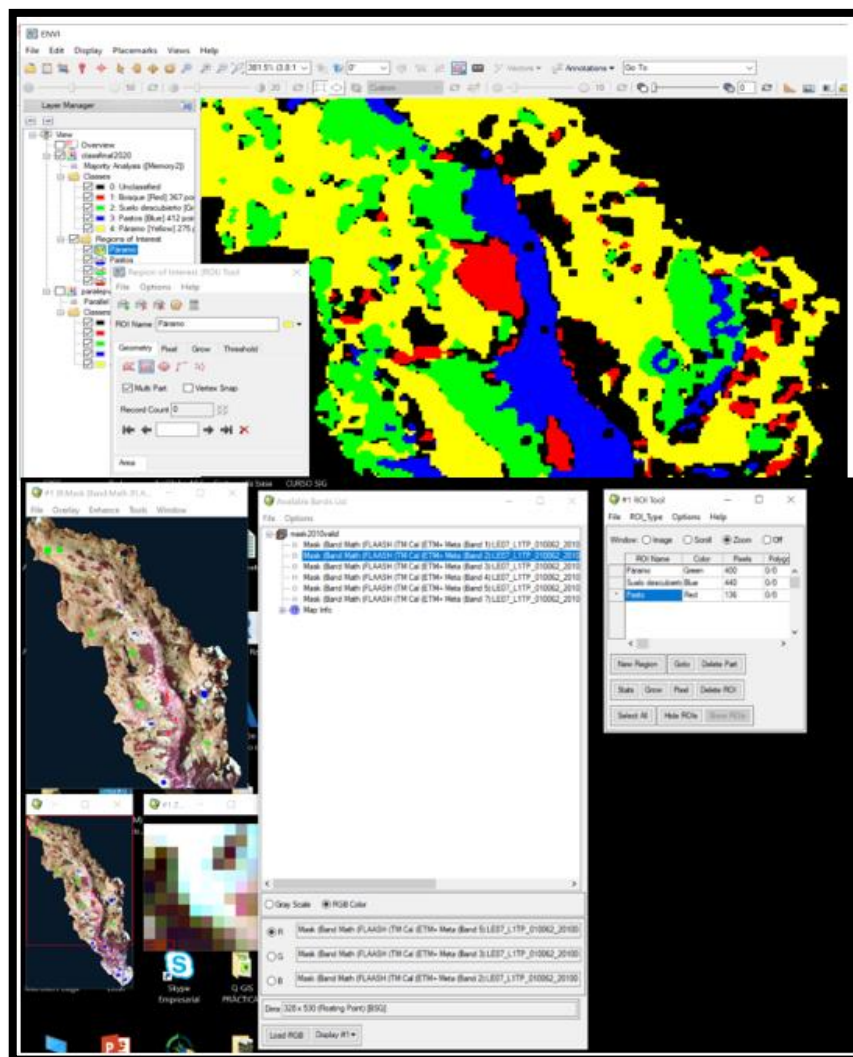
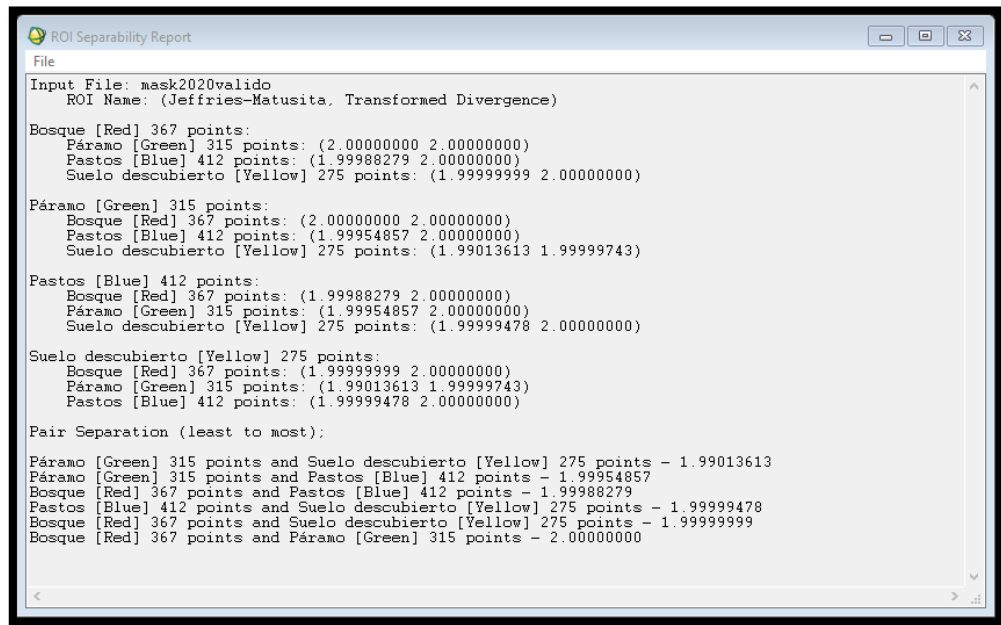


Ilustración 10 Regiones de Interés

Fuente: Autor

### 3.6.3.8 Indagación de la separabilidad de las áreas de estudio

El análisis de los diferentes tipos de validaciones obtenidas en cada región de interés, es muy importante de realizar un análisis multi estadístico de separabilidad entre cada uno de las zonas más favorables e importantes. Lo que implica que los valores de separabilidad tanto espectral se encuentran entre los valores de 0 y 2 dado que el análisis nos dio una estimación del 1.9 confirmando un rango muy óptimo para la aceptación de la separabilidad. (Ilustracion11)



*Ilustración 11 Ejemplo de la separabilidad del año 2020*

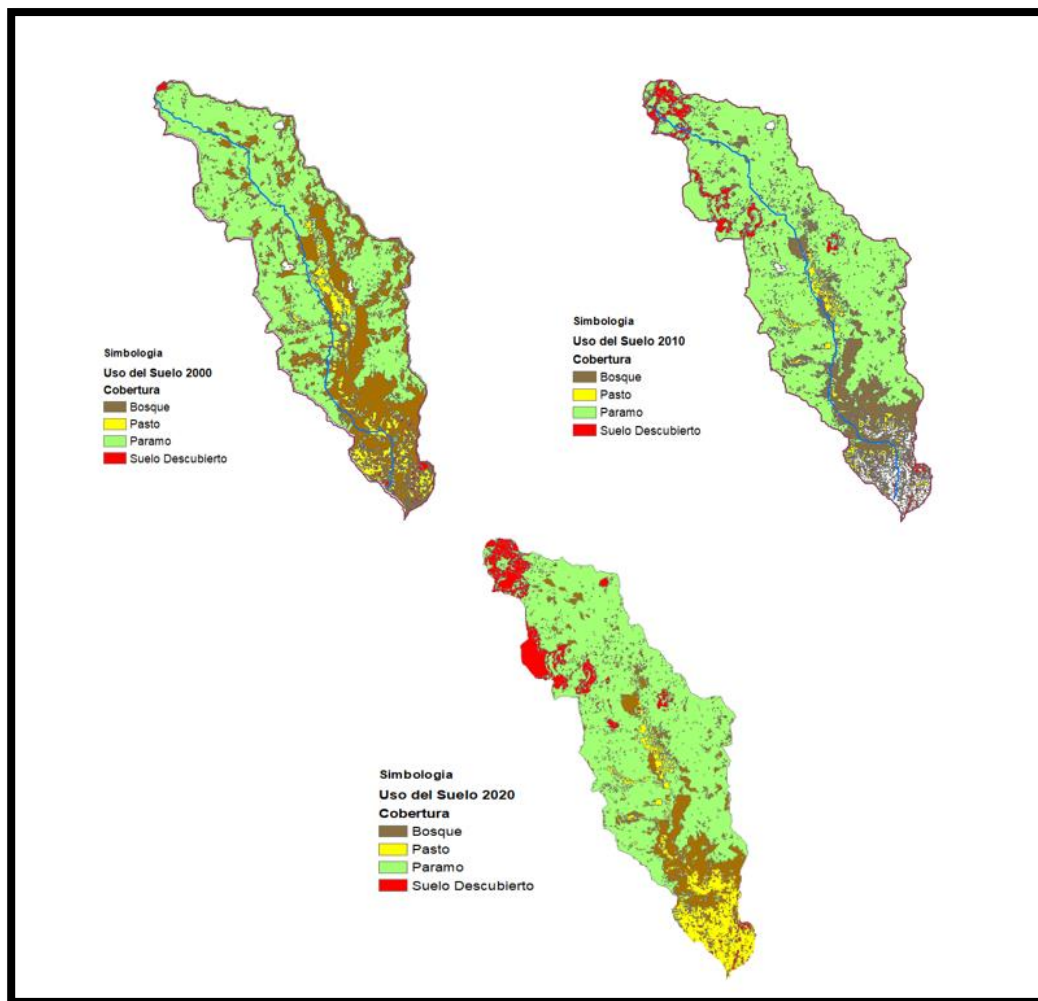
*Fuente: Autor*

### 3.6.3.9 Fase de retribución

Implícitamente la fase de retribución no es más que fijar cada una de las clases que se encontró en el uso del suelo y añadir a un pixel de la imagen en relación a su alto nivel de digitalización, por lo que este procedimiento se verifica mediante varios métodos siendo el más utilizado y preciso el de máxima probabilidad por ende este método se aplicó para la creación de los mapas de uso del suelo.

La categorización es el resultado de las imágenes que estas van a simbolizar cada uso del suelo, siendo así la categorización de cada zona presente que se utiliza en la zona de estudio.

Los archivos generados deben estar en formato ráster y estos van a contener a cada zona realizada mediante la fase de retribución posteriormente fueron extraídas al formato vectorial para lo cual se utilizó el programa SIG para después obtener un solo tipo de archivo donde este va representar el correcto uso del suelo de la microcuenca del río Culebrillas (**Ilustracion12**)



*Ilustración 12 Mapas de uso del suelo*

*Fuente: Autor*

### **3.6.4 Análisis multitemporal del uso del suelo**

#### **3.6.4.1 Unificación de los análisis de distribución**

Posteriormente se realizó el análisis adecuado de los mapas obtenidos de los periodos de tiempo de los tres años de la microcuenca de estudio, por lo que se proporcionó características idénticas de uso para así tener una buena distribución de los mapas y poseer la misma numeración adecuada para su tratamiento y verificación.

Tabla 2 Codificación del uso del suelo

Uso del suelo	Codificación
Suelo descubierto	1
Pasto	2
Bosque	3
Paramo	4

Fuente: Autor

#### 3.6.4.2 Transformación de archivos

Una vez validada toda la información de los puntos anteriores del adecuado uso del suelo, de los años 2000, 2010, 2020, se comienza a exportar cada uno de los archivos generados a los formatos vectoriales y después al formato ráster de ESRI ya que nos servirá para la distribución de los píxeles.

Con la numeración adecuada y bien codificada se establece la generación de archivos ráster que nos ayudan a aproximar los módulos generados en este caso 50x50 por cada píxel obtenido este debe transformarse al formato ASCII, el cual utiliza el programa IDRISI-SELVA.

#### 3.6.4.3 Cambio y cálculo de la tasa del suelo

En la modificación radical del uso de suelo se utiliza la herramienta llamada crosstab esta se encuentra en programa Idrisi Selva cuyo funcionamiento es la tabla de permutación de los distintos cambios del terreno para los diferentes años. **(Ilustración 13)**

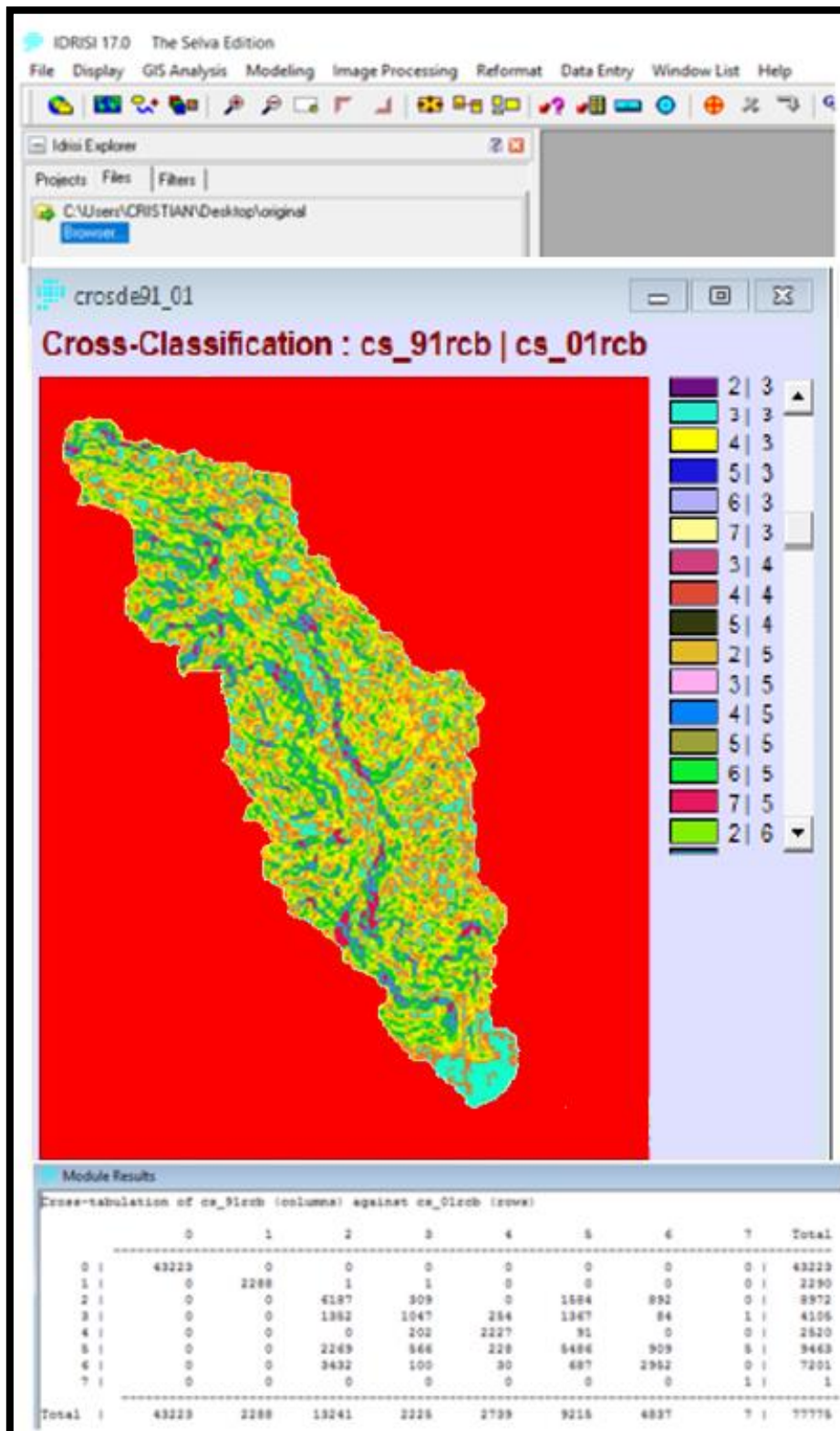


Ilustración 13 Análisis Crosstab

Fuente: Autor

Los cálculos de cada una de las tasas de cambio se verifico con una categorización de alta precisión.



- ***Incremento de la frontera agrícola***

El alto índice paulatino del incremento de la agricultura en las elevaciones de los bosques ha venido a provocar el alto incremento acelerado de las tasas de deforestación de varias zonas boscosas tropicales.

- ***Recuperación y deforestación de bosques primordiales***

Se basa en la identificación de la cantidad de bosques que se ganen o se regeneren dentro del área de estudio como base principal los bosques de origen natural.

- ***Recuperación y reforestación de bosque***

En gran parte nos permite la identificación de bosques que se encuentran en un gran peligro de pérdida parcial para ello se propuso realizar varias distinciones de variedad de bosques y de bosques deforestados con el fin de tener una claridad exacta de las imágenes de los dos tipos de bosques presentes tomando el parámetro principal de la altura como el área principal con base a los 3200m como bosque primario y debajo de los 3200m como bosque de deforestación. Se puede realizar este análisis mediante la ecuación de la tasa de cambio de uso del suelo.

$$t = 1 - \left[ 1 - \left( \frac{s_1 - s_2}{s_1} \right) \right]^{1/n}$$

*Ecuación 1 Análisis de tasa de cambio del uso del suelo*

Donde

**t:** es la tasa de cambio del uso

**s1 y s2:** son la superficie del uso del suelo tanto en el tiempo inicial y final proporcionalmente.

**n:** tiempo del periodo valorado

#### 3.6.4.4 **Apreciación ambiental**

La apreciación ambiental implica una cadena de muchas infinidades de factores como: bióticos, abióticos, físicos, sociales, culturales, económicos lo cual es muy importante crear indicadores y parámetros.

$$CA = \text{valor ecologico} + \text{valor paisajistico}$$

*Ecuación 2 Valoración ambiental*

#### 3.6.4.5 **Apreciación ecológica**

Lo que se utilizó en este parámetro fue la exactitud de la complejidad de la variación del terreno, donde posteriormente se indicó y establecido los rangos valorados por el uso del suelo dando valores desde 1 a 4, llegando a que la complejidad de la zona del terreno de cada uso del suelo es verificada su utilidad como compleja.

*Tabla 3 Valoración ecológica*

<i>USO DEL SUELO</i>	<i>APRECIACIÓN ECOLÓGICA</i>
Suelo descubierto	1
Pasto	2
Bosque	3
Páramo	4

*Fuente: Autor*

La apreciación ecológica tiene como único objetivo levantar la exactitud de información adecuada y establecer los parámetros, en función de cada área así para la realización es necesario multiplicar los valores con los porcentajes de área del uso inicial permitiendo así el estudio adecuado y comparativo del estado del ecosistema en la zona de tratamiento a un largo tiempo.

También nos ayudara a suavizar todos los elementos más débiles de los ecosistemas tomando como punto principal, las acciones para facilitar y endurecer a todos los elementos que e requieran con cuidado de tal manera de lograr recuperar los índices de los ecosistemas.

#### 3.6.4.6 **Apreciación paisajística**

Se tomo los parámetros más eficaces para la apreciación tales como la altura y la pendiente debido que estos parámetros no varían con respecto al tiempo. Una vez echo el análisis multitemporal es de suma importancia la evaluación de parámetros lógicos.

La variación de otros tipos de variantes tales como la función en el tiempo en este caso serian el uso del suelo donde podremos tomar el valor adecuado y correspondiente a representar la valoración precisa para cada parámetro establecido.

##### - **Pendiente y altura**

La altura y la pendiente nos permite que el terreno nos genere variaciones en cada mapa relacionado en las pendientes con sus respectivos índices de rangos valorados en su apreciación.

La altura se toma la cota principal definida anteriormente de 3200m para la adecuada evolución del uso de cada suelo debido que posteriormente se notó un cambio radical en la vista de la zona de estudio.

Para la identificación y una correcta evaluación de las tablas se toma como punto principal la metodología de la valoración directa diseñada por BLM dando como resultado categorías para su correcta valoración dando como un método muy estable y adecuad. **(Ilustración 14)**








<b>MORFOLOGIA</b> 	Relieve muy montañoso, marcado y prominente (acantilados, agujas, grandes formaciones rocosas); o bien, relieve de gran variedad superficial o muy erosionado o sistemas de dunas; o bien presencia de algún rasgo muy singular y dominante. (Ej. Glaciar)	Formas erosivas interesantes o relieve variado en tamaño y forma. Presencia de formas y detalles interesantes pero no dominantes o excepcionales.	Colinas suaves, fondos de valle planos, pocos o ningún detalle singular
	5	3	1
<b>Vegetación</b> 	Gran variedad de tipos de vegetación, con formas, texturas, y distribución interesantes.	Alguna variedad en la vegetación, pero sólo uno o dos tipos.	Poco o ninguna variedad o contraste en la vegetación.
	5	3	1
<b>Agua</b> 	Factor dominante en el paisaje, apariencia limpia y clara, aguas blancas (rápidas y cascadas) o láminas de agua en reposo.	Agua en movimiento o en reposo, pero no dominante en el paisaje.	Ausente o inapreciable.
	5	3	0
<b>Color</b> 	Combinaciones de color intensas y variadas, o contrastes agradables entresuelo, vegetación, roca, agua y nieve.	Alguna variedad e intensidad en los colores y contraste del suelo, roca y vegetación, pero no actúa como elemento dominante.	Muy poca variación de color o contraste, colores apagados
	5	3	1
<b>Fondo Escénico</b> 	El paisaje circundante potencia mucho la calidad visual.	El paisaje circundante incrementa moderada-mente la calidad visual del conjunto.	El paisaje adyacente no ejerce influencia en la calidad del conjunto
	5	3	0
<b>Rareza</b> 	Único o poco corriente o muy raro en la región; posibilidad real de contemplar fauna y vegetación excepcional.	Característico, aunque similar a otros en la región.	Bastante común en la región.
	6	2	1
<b>Actuaciones Humanas</b> 	Libre de actuaciones estéticamente no deseadas o con modificaciones que inciden favorablemente en la calidad visual.	La calidad escénica está afectada por modificaciones poco armoniosas, aunque no en su totalidad, o no añaden calidad visual.	Modificaciones intensas y extensas, que reducen o anulan la calidad escénica.
	2	0	0

Ilustración 14 Criterios de valoración

Fuente: BLM( Bureau of land Management)

Los valores que se puntuaron con relación a las variables son de 1 -5 valorando el número 1 como el más inferior y el número 5 el valor más valioso, y adecuado para el análisis de criterios de valoración.

Tabla 4 Valoración de Pendientes

<b>RANGO DE PENDIENTES</b>	<b>VALORACIÓN DE PENDIENTES</b>
0 - 12%	1
12- 25 %	2
25- 50 %	3
50- 70 %	4
>70 %	5

Fuente: Autor

Tabla 5 Valoración de alturas

<b>RANGO DE ALTURA VALORADA</b>	<b>VALORACIÓN CODIFICADA</b>
Mínimo a 3200 m	3
Máximo a 3200 m	5

Fuente: Autor

#### 3.6.4.7 Uso del Suelo

En este punto se utiliza las técnicas evaluadas por (Cure López, 2012) abarcando la propuesta del programa Nacional de competitividad de costa rica, donde abarca puntos muy importantes como el análisis de factores abióticos y antrópicos en función del uso el suelo.

- *Parte Biótica*

Determinada principalmente por bosque o nichos ecológicos de grandes variedades que constituyen al ecosistema ambiental.

- *Parte Abiótica*

Elementos muy importantes que no tienen vida, pero forman parte del uso del suelo para poder sobresalir a un ambiente sano como los cuerpos de agua, luz solar, humedad y el suelo donde abarca un impacto significativo.

- *Biótico*

Como son los pastos y cultivos puede también incluir la mezcla de la agricultura con la cría de animales domésticos en una misma unidad de producción. El intelecto de cada uno de las relaciones y de sus mecanismos (planta–animal) es una herramienta que puede ayudar al productor a mejorar la utilización y conservación de los recursos naturales.

- *Antrópico*

La huella de las subestructuras

*Tabla 6 Dominio Paisajístico*

<b>DOMINACIÓN PAISAJÍSTICA</b>	<b>VALOR DE IMPACTO</b>
Biótica	I (Muy alto)
Biótica -Abiótica	II (Alto)
Abiótica	III (Medio)
Antrópica – Biótica – Antrópica- Abiótica	IV(Bajo)
Antrópica	V (Muy Bajo)

*Fuente: Programa nacional de Competitividad de costa rica,2008*

La tabla valora el instrumento de índice de capacidad en función a la afectación de los impactos del uso del suelo, valorada por su rango de 1 a 5 por lo que nos ayuda a visualizar de manera paisajística con el objetivo de así obtener la tabla de valoración del uso del suelo tomando en cuenta su capacidad de valoración ambiental

Tabla 7 Valoración del uso del suelo

<b>USO DE SUELO ACTUAL</b>	<b>DOMINANCIA PARCIAL</b>	<b>VALORACIÓN PAISAJÍSTICA</b>
Suelo descubierto	Antrópico	1
Pastos	Biótica – Antrópica	2
Paramo	Biótica	3
Bosque	Biótica	4

*Fuente: Autor*

Una vez realizado todos los factores que incluyen en el uso adecuado del suelo, estos valores se promedian con la meta de obtener la evaluación total de cada área a la que pertenece por lo cual se utiliza la formula siguiente.

$$VP = \frac{Vp + Va + Vu}{3}$$

*Ecuación 3 Valoración promedio*

La información de la ecuación debe ser bien representada como único porcentaje de área de estudio por lo que cada uso de suelo será representado en el análisis correspondiente

### **3.6.5 Escenarios de inclinación tendenciales**

Para la elaboración de escenarios tendenciales se puntualizó mediante los mapas del uso del suelo, para el periodo 2000 de tal manera que nos va a representar el tiempo pasado como t-1 y para el periodo del año 2010 representa el tiempo t0 cuya formalidad, con el software nos da como utilidad el desarrollo de una recuperación de validación de resultados óptimos que permita la obtención de mapas para una proyección del año 2030.

para la proyección futura evaluado en un tiempo de 10 años es de importancia la generación de archivos ASCII cuyo formato se obtuvo anteriormente de cada uso del suelo así implicando la exportación del programa Idrisi, a los vectores adecuados cuya función es borrar los valores irreales que están alterando y codificarlo mediante un rango de proximidad del -9999 con lo que el programa debe sustituir por un número único referenciado como cero.

### 3.6.5.1 Cadenas de Márkov

El objetivo principal de las cadenas de Márkov es obtener un tipo de territorio muy determinado por lo cual es muy aplicable la utilización del programa Idrisi, de tal manera permita un desarrollo óptimo cuya función de las herramientas de dicho programa nos genere una matriz de probabilidades de cambios de uso de suelo (**Ilustración 15**)

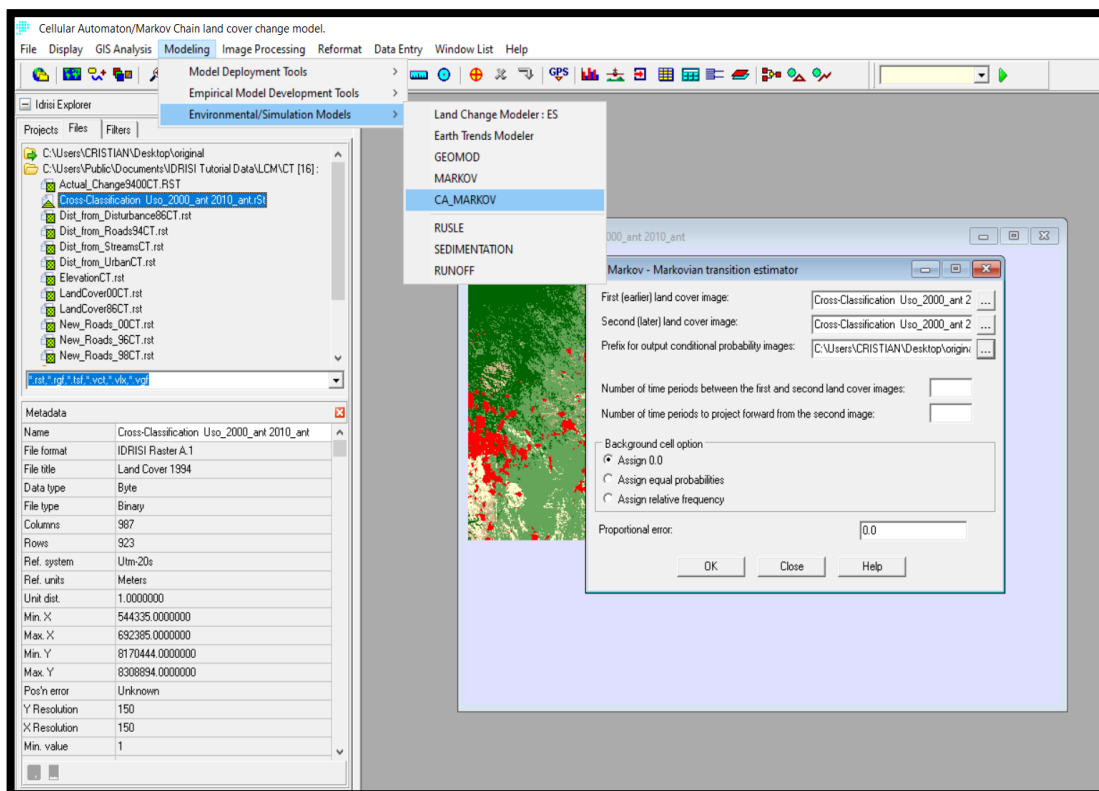


Ilustración 15 Cadenas de Márkov

Fuente: Autor



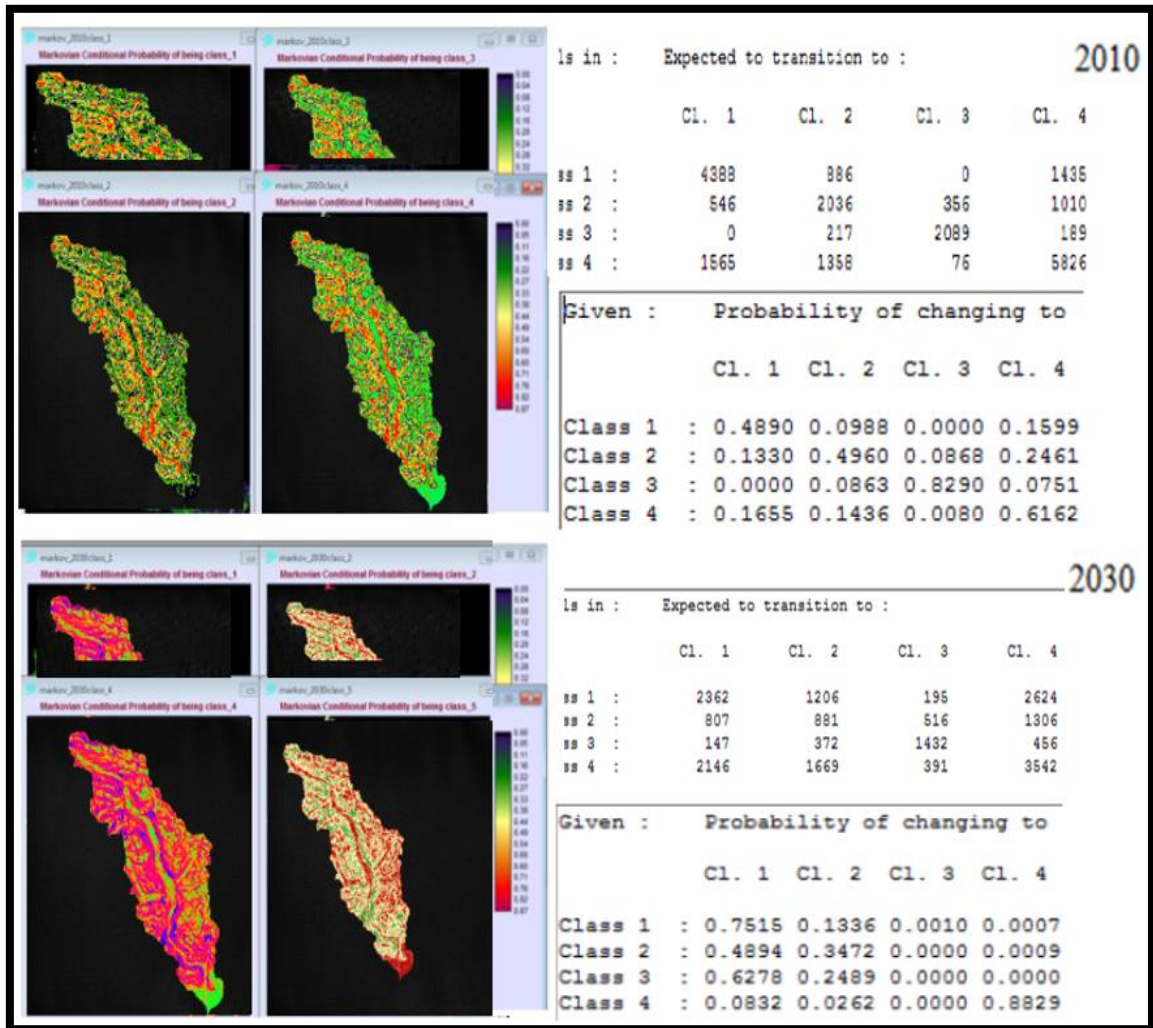
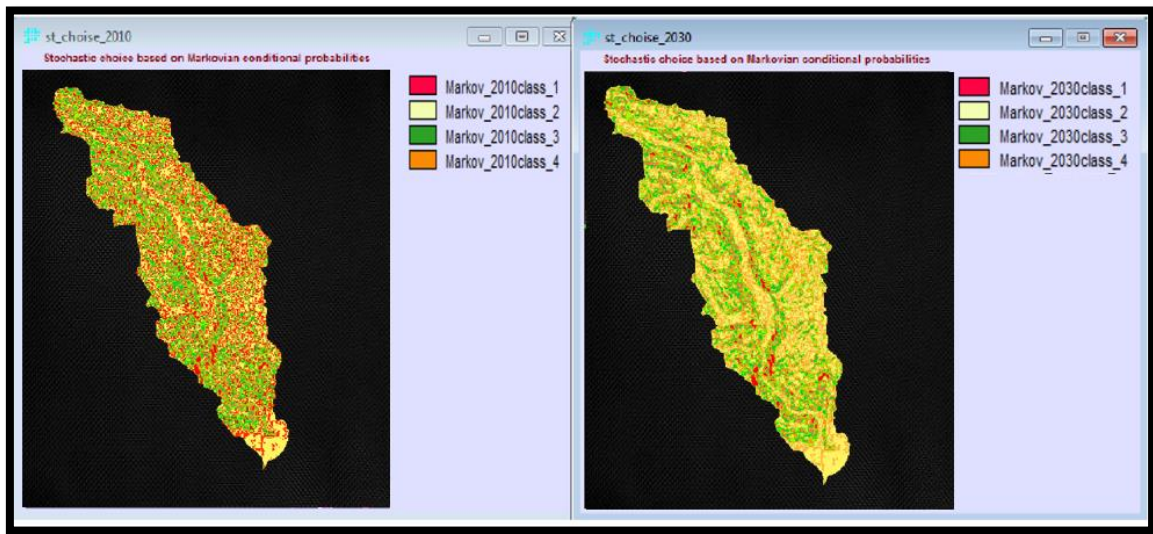


Ilustración 16 Resultados Proceso de Márkov

Fuente: Autor

Proporcionalmente se van a generar varios modelos para cada año de tal manera, se toma el mapa de uso del suelo del año 2010 para referenciar una estadística para la proyección del año 2030.

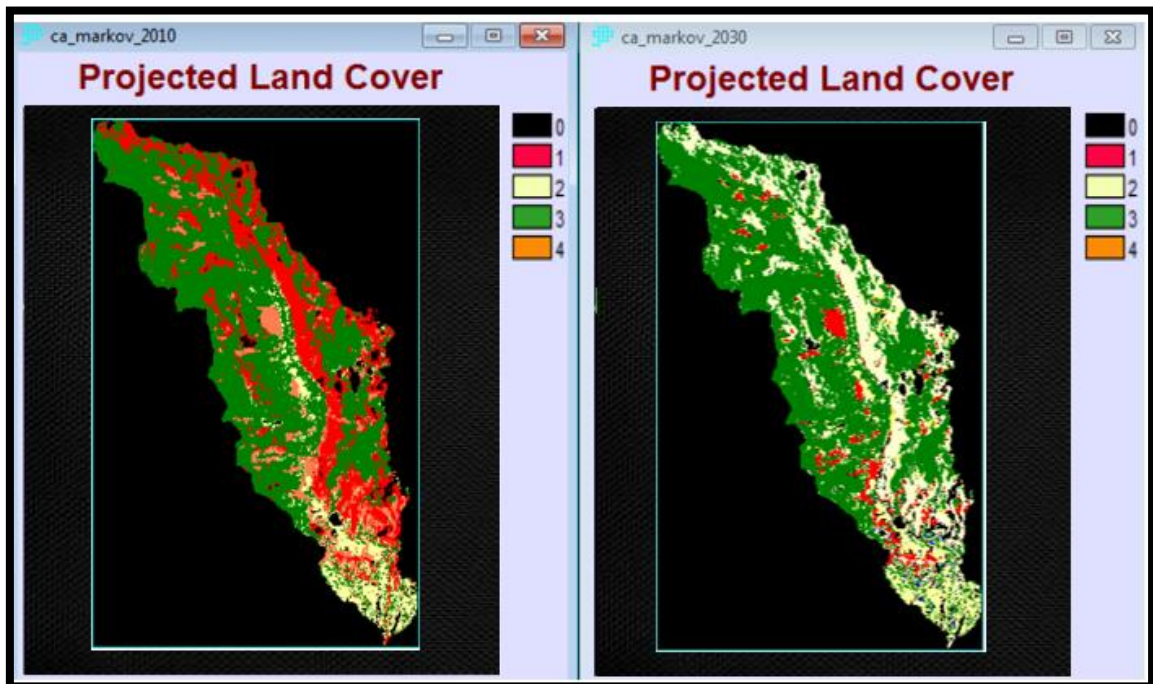
Posteriormente se utiliza la herramienta (Stchoice) donde se debe también tomar todos los archivos generados anteriormente, donde se evaluará una probabilidad en cada pixel para diferenciar si cada uso pertenece a su categoría correspondiente llegando a formar un único mapa cuya funcionalidad nos represente un modelo digital de terreno según el tiempo de estudio que se planeó a realizar. (Ilustración 17)



*Ilustración 17 Resultados Stchoice*

*Fuente: Autor*

Bajo los argumentos propuestos anteriormente se realiza la aplicación de una herramienta muy aplicable que es Autómata celular de Márkov, cuya funcionalidad es analizar una evaluación más profunda con varias series de cronologías dando como resultado apreciaciones distintivas para los años 2010 y 2030.



*Ilustración 18 Mapas del uso del suelo proyectadas*

*Fuente: Autor*

### 3.6.5.2 Revalidación de los datos generados

La información generada se realizó mediante el adecuado empleo de imagen foto mosaico del año 2010 de la ciudad de Cuenca gracias a la colaboración del municipio de Cuenca y la colaboración de la parroquia Sayausi tomando mucho en consideración que visualmente la imagen consta con una resolución de 1 m lo que favorece para un análisis óptimo para la validación puntual y correcta.

Siguientemente se elaboró una matriz adecuada de confusión la misma que ayudo a producir los porcentajes adecuados de exactitud que estos lo tienen, así mismo se generó parcelas entre valores de 50x50 debido que el tamaño actual de los pixeles debe ser la misma que se genera en los mapas ya que ocupa toda el área de la microcuenca por lo que se generó 31345 puntos de muestreo llegando a calcular un valor de aproximadamente de 229 muestras con valores de error al 3,23% llegando a un número adecuado de muestras para cada uso de suelo.

Tabla 8 Muestreo Estratificado

Muestra Estratificada				
Uso	Pixeles	Pi	Qi	Muestra
<i>Suelo descubierto</i>	6850	0,2	0,8	69
<i>Pastos</i>	7245	0,2	0,8	25
<i>Paramo</i>	9050	0,2	0,8	40
<i>Bosque</i>	8200	0,2	0,8	95
<i>Total</i>	<b>31345</b>			<b>229</b>

Fuente: Autor

Se verifica y se logra realizar una validación de matriz donde se determina el índice principal de Kappa, lo cual dirige los niveles más confiables de cada asignación generada que determina la escala para la utilización de los factores cuantitativos que relacionan a la fuerza de impacto (Landis, 1977)

*Tabla 9 Índice Kappa*

<i>Kappa</i>	<i>Fuerza de la concordancia</i>
0	Pobre
0,01 – 0,20	Leve
0,21 – 0,40	Aceptable
0,41 – 0,60	Moderado
0,61 – 0,80	Considerable
0,81 – 1,00	Casi perfecta

*Fuente: Landis y Koch*

### **3.6.6 Propuestas de manejo integral**

Para la unificación de un manejo correcto de la microcuenca del río Culebrillas es muy necesario proponer estrategias basadas en el impulso de la tipificación y zonificación de las áreas afectadas y sensibles que pueda existir en la microcuenca.

En relación a la línea base desarrollada anteriormente, tanto con los modelos tendenciales del uso del suelo se analiza y plantea un adecuado manejo de la microcuenca, de tal manera se propone una recuperación espontánea para evitar la degradación de bosques y cambios bruscos en el suelo, con la finalidad que todas las actividades esenciales ejecutadas en la población sean las más adecuadas para el territorio.

### 3.6.7 Análisis Estadístico

Para el análisis estadístico se emplea la hipótesis planteada en el estudio cuyo, objetivo se realizó mediante la utilización del análisis ANOVA y el software MINITAB.

Logrando establecer 150 puntos de muestras cada uno con su clase de uso del suelo para cada año relativamente.

*Tabla 10 Puntos de Muestreo del uso del suelo*

2000			2010			2020		
Puntos	Valor	Uso	Puntos	Valor	Uso	Puntos	Valor	Uso
1	3	Paramo	1	3	Paramo	1	3	Paramo
2	4	Suelo descubierto	2	1	Bosque	2	3	Paramo
3	3	Paramo	3	3	Paramo	3	3	Paramo
4	3	Paramo	4	3	Paramo	4	3	Paramo
5	3	Paramo	5	3	Paramo	5	3	Paramo
6	3	Paramo	6	3	Paramo	6	3	Paramo
7	3	Paramo	7	3	Paramo	7	3	Paramo
8	3	Paramo	8	3	Paramo	8	3	Paramo
9	3	Paramo	9	3	Paramo	9	3	Paramo
10	3	Paramo	10	3	Paramo	10	3	Paramo
11	2	Pasto	11	2	Pasto	11	2	Pasto
12	2	Pasto	12	2	Pasto	12	2	Pasto
13	2	Pasto	13	2	Pasto	13	2	Pasto
14	2	Pasto	14	2	Pasto	14	2	Pasto
15	2	Pasto	15	4	Suelo descubierto	15	2	Pasto
16	2	Pasto	16	2	Pasto	16	2	Pasto
17	2	Pasto	17	4	Suelo descubierto	17	2	Pasto
18	2	Pasto	18	2	Pasto	18	2	Pasto
19	2	Pasto	19	2	Pasto	19	2	Pasto
20	2	Pasto	20	2	Pasto	20	2	Pasto
21	1	Bosque	21	1	Bosque	21	1	Bosque
22	1	Bosque	22	1	Bosque	22	1	Bosque

23	1	Bosque	23	1	Bosque	23	1	Bosque
24	1	Bosque	24	1	Bosque	24	1	Bosque
25	1	Bosque	25	1	Bosque	25	1	Bosque
26	1	Bosque	26	1	Bosque	26	1	Bosque
27	1	Bosque	27	1	Bosque	27	1	Bosque
28	1	Bosque	28	1	Bosque	28	1	Bosque
29	1	Bosque	29	1	Bosque	29	1	Bosque
30	1	Bosque	30	1	Bosque	30	1	Bosque
31	4	Suelo descubierto	31	1	Bosque	31	4	Suelo descubierto
32	4	Suelo descubierto	32	4	Suelo descubierto	32	4	Suelo descubierto
33	4	Suelo descubierto	33	4	Suelo descubierto	33	4	Suelo descubierto
34	4	Suelo descubierto	34	4	Suelo descubierto	34	4	Suelo descubierto
35	4	Suelo descubierto	35	4	Suelo descubierto	35	4	Suelo descubierto
36	4	Suelo descubierto	36	4	Suelo descubierto	36	4	Suelo descubierto
37	4	Suelo descubierto	37	4	Suelo descubierto	37	4	Suelo descubierto
38	4	Suelo descubierto	38	4	Suelo descubierto	38	4	Suelo descubierto
39	4	Suelo descubierto	39	4	Suelo descubierto	39	4	Suelo descubierto
40	4	Suelo descubierto	40	2	Pasto	40	4	Suelo descubierto
41	2	Pasto	41	3	Paramo	41	1	Bosque
42	3	Paramo	42	2	Pasto	42	1	Bosque
43	3	Paramo	43	2	Pasto	43	1	Bosque
44	3	Paramo	44	3	Paramo	44	1	Bosque
45	3	Paramo	45	1	Bosque	45	1	Bosque
46	3	Paramo	46	3	Paramo	46	1	Bosque
47	3	Paramo	47	3	Paramo	47	1	Bosque
48	3	Paramo	48	1	Bosque	48	1	Bosque
49	3	Paramo	49	3	Paramo	49	1	Bosque
50	3	Paramo	50	2	Pasto	50	1	Bosque

*Fuente: Autor*

## 4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Línea base

#### 4.1.1 División lateral del río culebrillas

Se puede observar claramente en la (Ilustración 19), que la microcuenca del río culebrillas está limitada entre la provincia del Azuay, y la ciudad de Cuenca, en la parroquia de Sayausi, posteriormente se analiza y se establece que la línea base está en los puntos más diversos en este caso las pendientes más altas dando como resultado un cambio radical en las pendientes según su altitud.

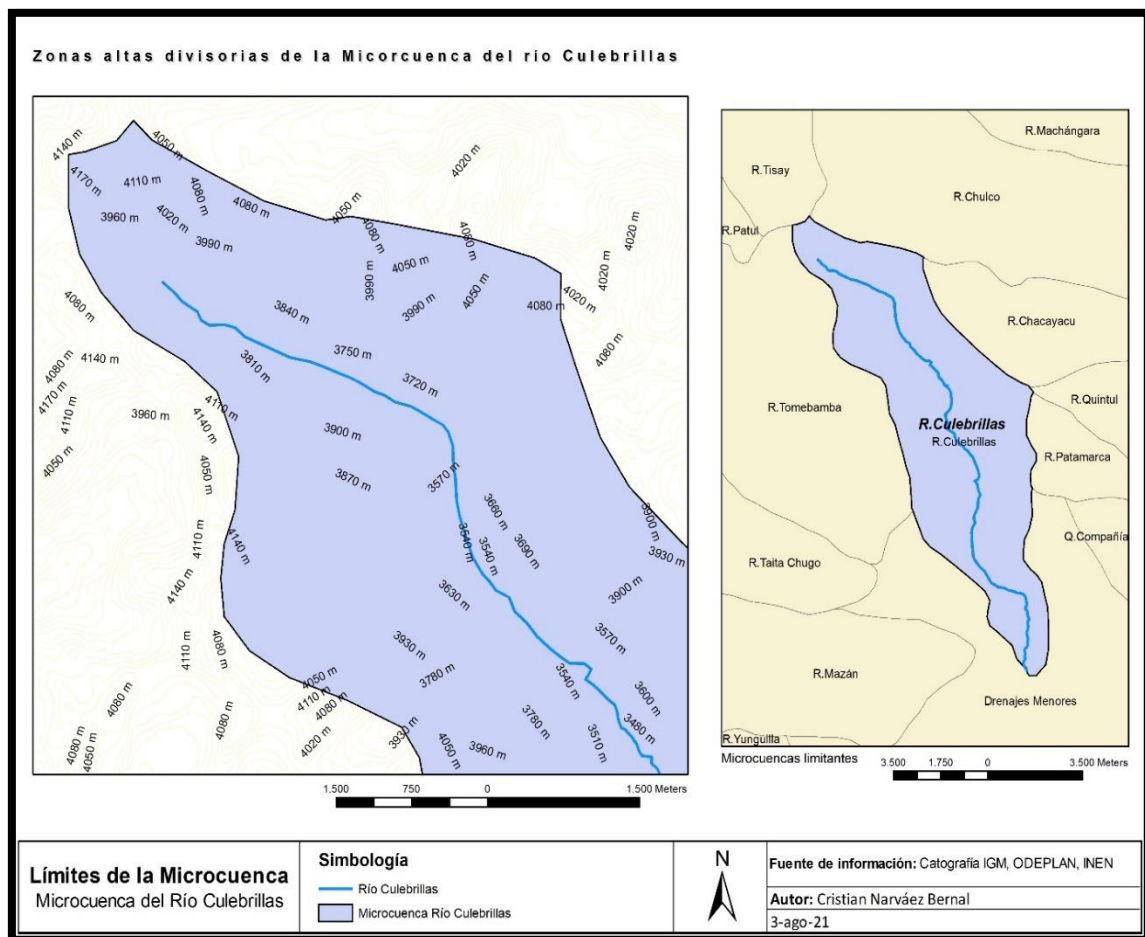


Ilustración 19 Límites de la microcuenca del río Culebrillas

Fuente: Autor

La microcuenca está limitada por:

- **Norte:** Microcuenca del río Chulco
- **Sur:** Microcuenca del río Tomebamba
- **Este:** Microcuenca del río Machángara Bajo
- **Oeste:** Microcuenca del río Matadero Alto

#### 4.1.2 Fisiografía

##### 4.1.2.1 Orografía

La zona del área de evaluación comprende básicamente del río Tomebamba, la que conforma también la cuenca del río Paute, localizada en la parte norte del cantón Cuenca, en la diferenciación acumulada de alturas la mayoría comprende a los Andes Ecuatorianos debido a las zonas rocosas que pertenecen al hermoso Cajas tiene la microcuenca elevaciones que varían entre los 2800m como la menor y 4200m como la elevación más alta.



*Ilustración 20 Fotografía de la microcuenca del río culebrillas*

*Fuente: Autor*



#### 4.1.2.2 Características morfométricas

Tabla 11 Características Morfométricas

<b>CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS DE LA MICROCUENCA DEL RIO CULEBRILLAS</b>		
DESCRIPCION	UNIDAD	VALOR
<b>De la Superficie</b>		
Área	km <sup>2</sup>	60,77
Perímetro de la Cuenca	km	47,54
<b>cotas</b>		
Cota Máxima	msnm	4200
Cota Mínima	msnm	2800
<b>Centroide</b>		
X centroide	m	711119
Y centroide	m	309382
Z centroide	msnm	3590
<b>Altitud</b>		
Altitud media	msnm	3590
Altitud más frecuente	msnm	3800
Altitud de frecuencia media	msnm	3636,68
<b>Pendiente</b>		
Pendiente promedio de la cuenca	%	20,05
<b>De la Red Hídrica</b>		
Longitud de la Cuenca	km	17,77
Orden de la red hídrica	UND	4
longitud de la red hídrica	km	91,68
longitud del cauce principal		19,73
Pendiente promedio de la red hídrica	%	1,6
<b>Parámetros generados</b>		
pendiente del cauce principal	%	7,88
<b>Características Morfológicas</b>		
Índice de capacidad Kc		1,7
Factor de la forma Kf		0,2
Ancho medio	km	3,42
Desnivel altitudinal	m	1400
Densidad de drenaje	km/km <sup>2</sup>	1,51
Constante de estabilidad	km <sup>2</sup> /km	0,66

Fuente: Autor

Según las características morfométricas analizadas anteriormente se establece que la microcuenca del río Culebrillas tiene establecido un factor de **0,2** lo que implica que la microcuenca es alargada según la (**Tabla 12**), verificando así que los flujos de agua van a poseer una velocidad muy representativa lo que ocasiona un problema de arrastre de materiales no deseados llegando a la parte baja de la microcuenca , hay que tener en cuenta también que tiene un Kc de **1,7** implicando una forma oval o rectangular..

*Tabla 12 Factor de forma para la microcuenca*

<b>Kf</b>	<b>Características</b>
< 1	Tiende a ser alargada
1	Cuadrada
> 1	Tiende a ser achatada

*Fuente: Autor*

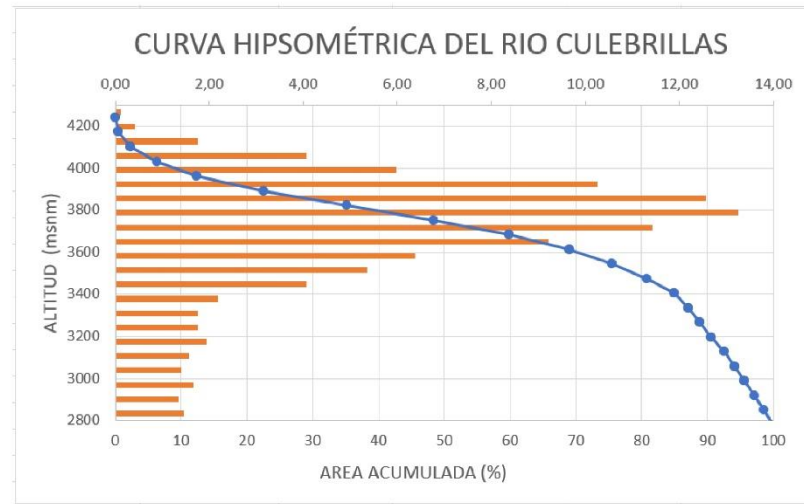
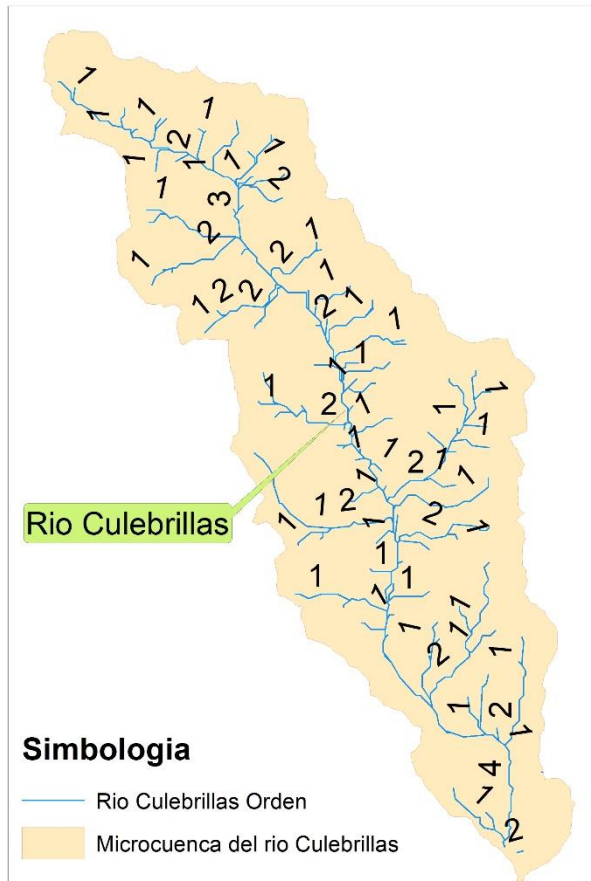
#### **4.1.2.2.1 Sistema de drenaje**

Las características presentes de la microcuenca según su análisis se determinan que en las pendientes altas existe irregularidades de permeabilidad, vegetación arbustiva lo cual se puede ordenar como un sistema de drenaje aleatorios transversales a las pendientes.

#### **4.1.2.2.2 Curva hipsométrica**

Según los resultados de la realización de la curva indica y analiza que existe dos variaciones en la diagonal de la inflexión de los puntos, logrando determinar la variación en la altura ya que rodea a los 3800msnm, donde posteriormente se identifica que la microcuenca posee varios ríos jóvenes ubicado en la parte alta logrando una permeabilidad y en la parte baja existiendo procesos erosivos.

## CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS DE LA MICROCUENCA DEL RIO CULEBRILLAS



Características Morfológicas		
Indice de capacidad Kc		1,72
Factor de la forma Kf		0,2
Ancho medio	km	3,42
Desnivel altitudinal	m	1400
Densidad de drenaje	km/km <sup>2</sup>	1,51
Constante de estabilidad	km <sup>2</sup> /km	0,66

Autor: Cristian Narváz Bernal

Ilustración 21 Características Morfométricas Rio Culebrillas

Fuente: Autor

#### 4.1.2.3 Geología

Según estudios analizados la microcuenca del río Culebrillas tiene grandes formaciones volcánicas. Posee grandes flujos negros de arena fina cuya composición es muy similar a la andesítica, por lo que nace una secuencia de tobas lo que permite establecer más yacimientos.

Existe los piroclastos donde la mayoría son altamente alternados con los flujos de riolitas de grano medio que forman la parte superior de la microcuenca cuya utilidad es para la artesanía.

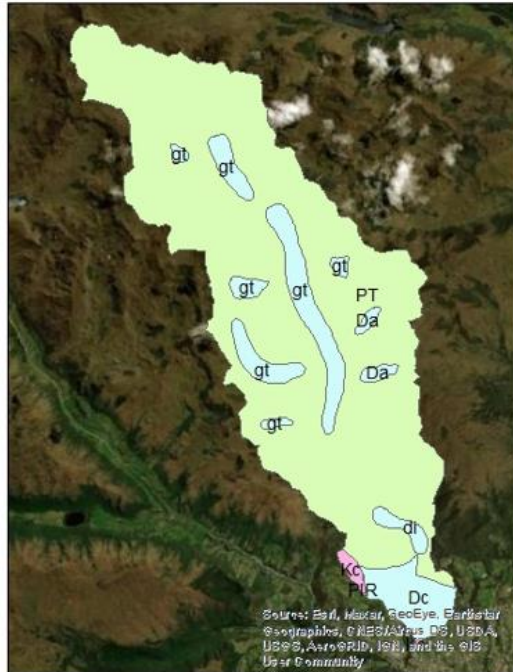
La mayoría de las rocas presentes son de variación estable cuyos procesos son de la derivación de hidrotermales por lo que existe una alteración alcanzando potencias mayores a los 1000m.

El río Culebrillas posee piedras andesitas de un color verde oscuro, ubicada en las zonas elevadas de la microcuenca tienen una gran particularidad de alteración por su emotiva variación de correlación que pertenecen a la firme Tarqui formando así terrenos húmedos y ondulados.

Tiene la microcuenca 4 tipos de formaciones:

- Formación Tarqui
- Formación célica
- Formación Santa Rosa
- Depósitos aluviales

## GEOLOGÍA DE LA MICROCUENCA DEL RIO CULEBRILLAS



Simbología 2.7501.375 0 2.750 Meters

geologia\_clip

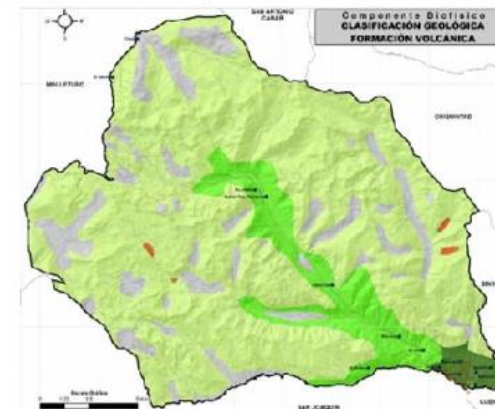
Formacion

- Depósitos aluviales
- Formacion Celica
- Formacion Sta Rosa. Grupo Ayancay
- Formacion Tarqui

Autor: Cristian Narváez Bernal

### CLASIFICACIÓN GEOLÓGICA - FORMACIÓN VOLCÁNICA

Formación	Descripción	Periodo	Era	Símbolo
Formación Tarqui	Toba, riolita, andesita	Pleistoceno	Cuaternario	Pt
Formación Célica	Andesita, toba, diorita	Cretáceo	Mesozoico	Kc, di
Formación Santa Rosa	Arenisca, lutitas conglomerado	Plioceno	Terciario	Pir
Depósitos aluviales	Tilita	Holoceno	Cuaternario	Dc, Da, Gt



*Ilustración 22 Geología de la microcuenca Culebrillas*

*Fuente: Autor*

#### 4.1.2.4 Características Biofísicas de la microcuenca

##### 4.1.2.4.1 Relieve

La microcuenca tiene varias formas de relieve que conforman una compleja estructura geomorfológica en la parroquia, principalmente en las áreas interandinas hasta los piedemontes de las alturas más altas. Para la elaboración del mapa de relieve se utilizó las curvas de nivel donde se digitalizó un modelo de terreno basado en las cotas más bajas y las cotas más altas.

se consideró muy eficaz el factor altura, lo cual nos permite clasificar a la microcuenca en cuenca baja debido que esta por los 2800msnm, cuenca media a los 3200-3500msnm y cuenca alta cuando sobrepasa de los 3500msnm.

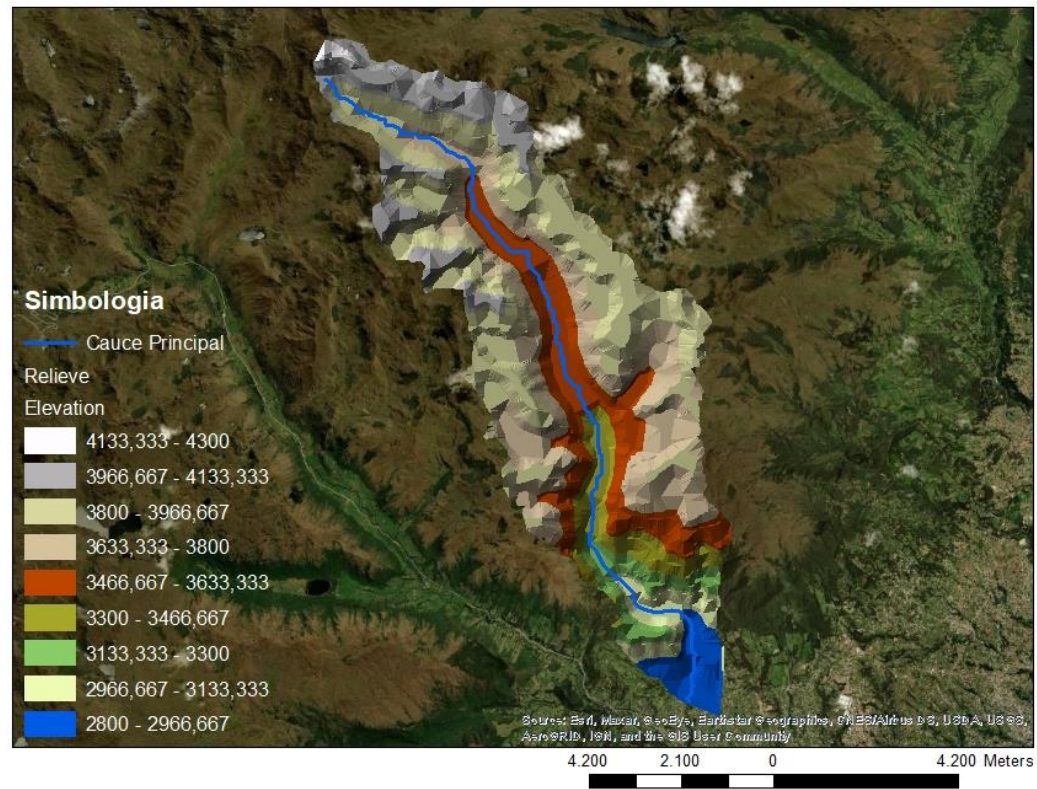
*Tabla 13 Clasificación de los rangos de altura*

Descripción	Rangos de Altura	Área ha.	Área %
Cuenca baja	2800-3200 msnm	105,51	1,74
Cuenca media	3200-3500 msnm	757,45	12,46
Cuenca alta	3500- 4300 msnm	5214,48	85,80
TOTAL		6077,45	100

*Fuente: Autor*

Los relieves están representados por, colinas redondeadas y valles angostos que se ubican en varios segmentos en toda la microcuenca.

## RELIEVE DE LA MICROCUENCA DEL RIO CULEBRILLAS

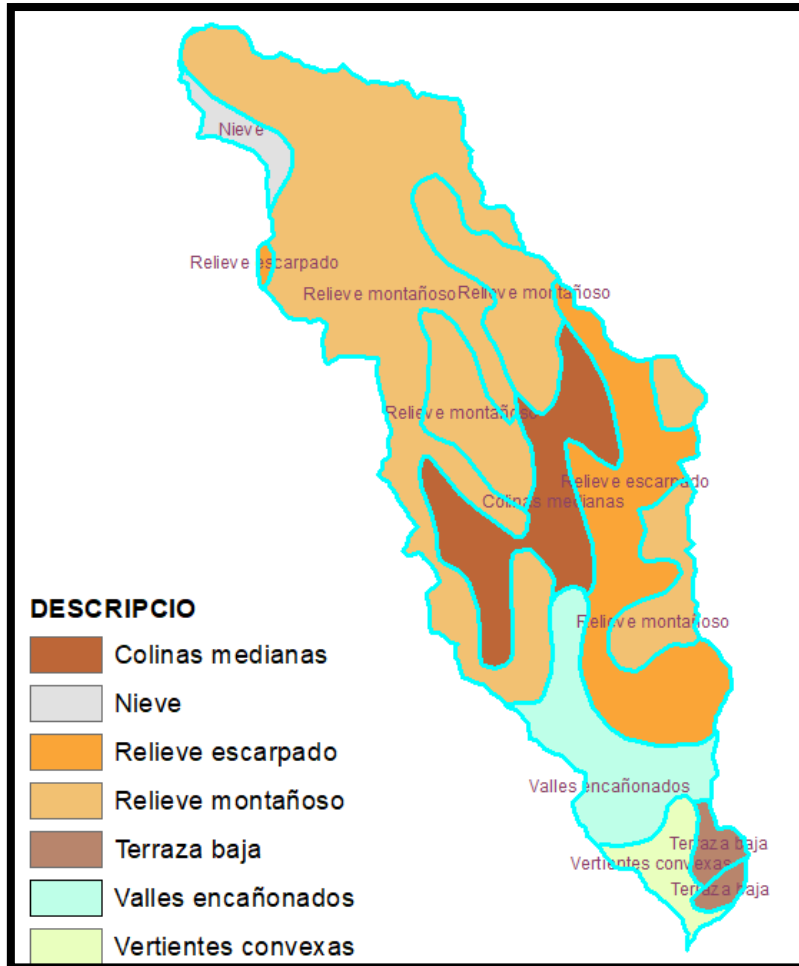


Autor: Cristian Narváz Bernal

*Ilustración 23 Relieve de la microcuenca del rio culebrillas*

*Fuente: Autor*

Posteriormente el presente análisis correspondiente a la geomorfología de la microcuenca es de suma importancia ya que representa la mayor acumulación de depósitos volcánicos con inclinaciones relativamente montañosos. **(Ilustración 24)**



*Ilustración 24 Clasificación Geomorfológica de la microcuenca*

*Fuente: Autor*

#### 4.1.2.4.2 Pendientes

Dentro de la microcuenca del río Culebrillas se verificó varios tipos de pendientes por lo que predomina altamente en un rango de 25% a 60%, se analiza que existe pendientes fuertes donde se localiza una gran parte en el territorio.



Luego se encuentra el 25 % del territorio de pendientes entre los rangos de 60 a 70 % está pendiente se conoce como muy fuerte lo que implica un territorio casi imposible para realizar prácticas de cultivo, debido a la erosión, derrumbes los suelos están por completo mezclado a las pendientes.

El área cubierta de pendientes mayor del 70 % son denominadas abruptas estas ocupan el 14 % del territorio en estas áreas es imposible la ganadería o la simbra de cultivos.

Después se localizan las pendientes entre los 12 a 25% con el nombre de pendientes regulares llegando ocupar el 12% de la zona de estudio.

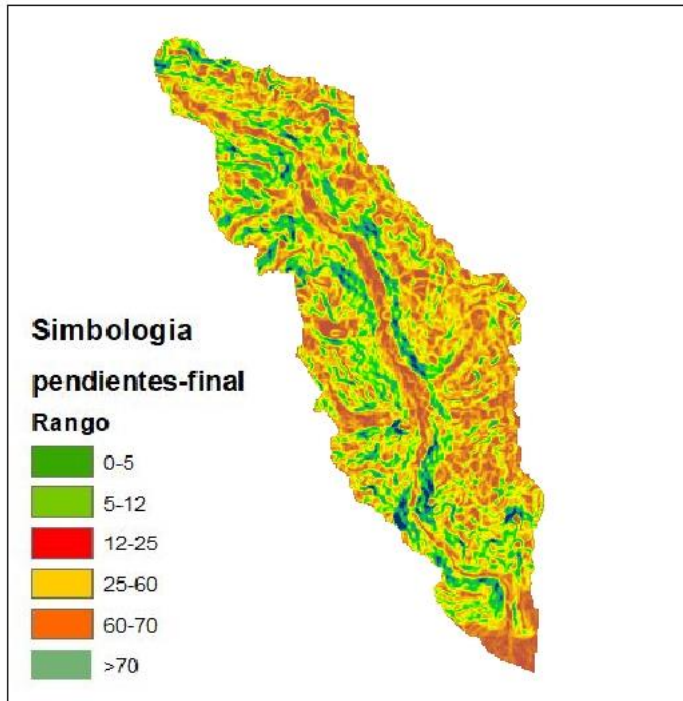
Por último, tenemos las pendientes débiles que van entre los rangos de 0 a 5 % del rango estas cubren el 4 % del territorio son la mayoría suelos aptos para cultivos debido que no poseen mucha piedra para su operación de mecanización.

*Tabla 14 Pendientes de la microcuenca del rio culebrillas*

<b>Pendientes de la microcuenca del rio culebrillas</b>			
<b>Rango %</b>	<b>Descripción</b>	<b>Área ha</b>	<b>Área %</b>
0-5	P. Débiles	270,10	4,44
5-12	P. Suaves	298,92	4,92
12-25	Irregulares	796,49	13,11
25-60	Fuertes	2388,78	39,31
60-70	Muy fuertes	1514,19	24,91
>70	Abiertas	809	13,31
<b>TOTAL</b>		<b>6077,45</b>	<b>100</b>

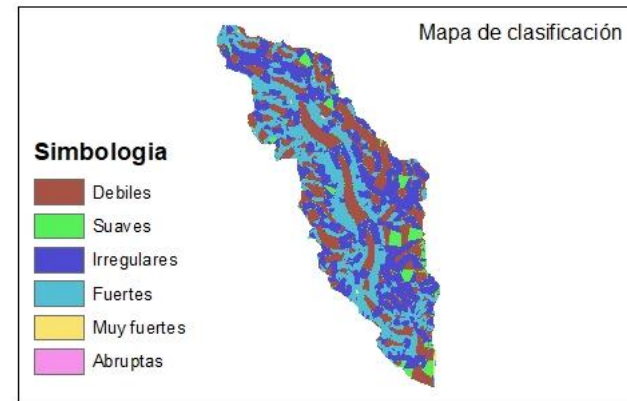
*Fuente: Autor*

## PENDIENTES DE LA MICROCUENCA DEL RIO CULEBRILLAS



7.400 3.700 0 7.400 Meters

Pendientes de la microcuenca del rio culebrillas			
Rango %	Descripción	Área ha	Área %
0-5	P. Débiles	270,10	4,44
5-12	P. Suaves	298,92	4,92
12-25	Irregulares	796,49	13,11
25-60	Fuertes	2388,78	39,31
60-70	Muy fuertes	1514,19	24,91
>70	Abruptas	809	13,31
<b>TOTAL</b>		6077,45	100



5.000 2.500 0 5.000 Meters

Autor: Cristian Narváz Bernal

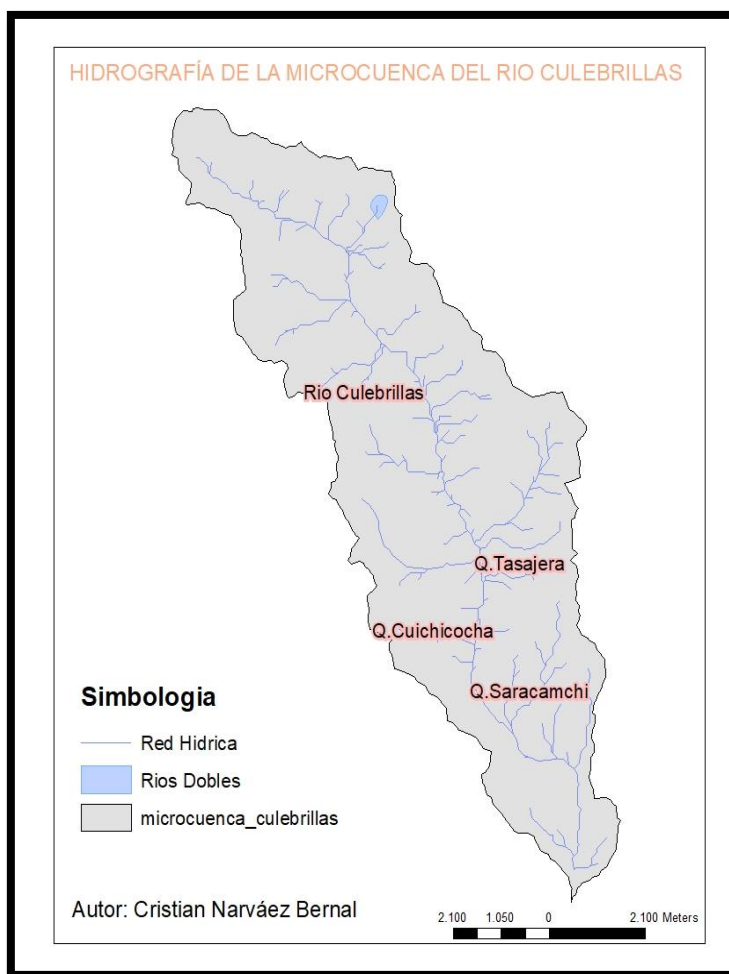
*Ilustración 25 Pendientes de la microcuenca del rio culebrillas*

*Fuente: Autor*

#### 4.1.2.4.3 Hidrografía

En la parroquia Sayausi la subcuenca del río Tomebamba está constituida por 7 microcuencas: Río Mazan, Río Llaviuco, Río Matadero Alto, Río Matadero Bajo, Río Culebrillas, Río Tomebamba y Río Pinchizana.

La microcuenca del río culebrillas, tiene un recorrido de 21km como punto de entrada el río simple y como río doble 4 km donde desemboca en el río Tomebamba. Hay que destacar que existen tres lagunas muy importantes: la pacacocha, Estrellacocha y cusnihuaycu. La mayoría de afluentes de mucha importancia es la quebrada calicanto, cuichicocha, saracamchi y tasajera.



*Ilustración 26 Hidrografía de la microcuenca del río Culebrillas*

*Fuente: Autor*

#### **4.1.2.4.4 Clima**

##### **- Tipos de clima**

En la parroquia Sayausi según lo investigado está determinado por dos tipos de clima entre los cuales se encuentran: semihúmedo y el de alta montaña. Ocupando así el primer clima un área del 15,27% de la gran superficie parroquial y el segundo clima de alta montaña compuesta por el 84,73%.

##### **- Ecuatorial Mesotérmico o Semi Húmedo**

Abarca temperaturas irregulares cuya elevación de temperatura llega en los meses de marzo y septiembre mientras en los meses de junio y julio tiene una baja de temperatura

##### **- Ecuatorial de Alta Montaña.**

Su temperatura está basada en los 3000m de altitud llegando a un rango del 8°C.

##### **- Precipitaciones**

Para el análisis correspondiente a la precipitación lo que se realizó es una relación en base a datos de estaciones meteorológicas cercanas a la zona de estudio, cuyo objetivo fue analizar y pretender en que mes es la precipitación más elevada y la más baja según los resultados la estación Matadero de Sayausi ubicada en la parroquia de Sayausi es en el mes de abril llegando a un valor de 132mm.

Tabla 15 Precipitaciones

Mes	Precipitación (mm)
	<b>Estación Matadero de Sayausi (M0427)</b>
Enero	64,60
Febrero	98,98
Marzo	114,10
Abril	132,121
Mayo	94,43
Junio	56,70
Julio	46,54
Agosto	40,21
Septiembre	62,65
Octubre	99,69
Noviembre	85,82
Diciembre	77,34

Fuente: INAMHI

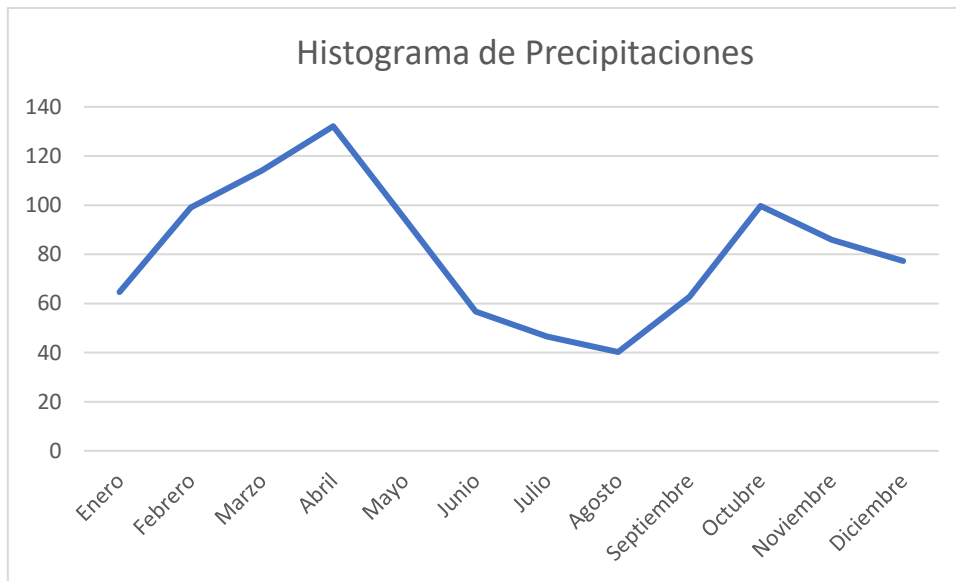
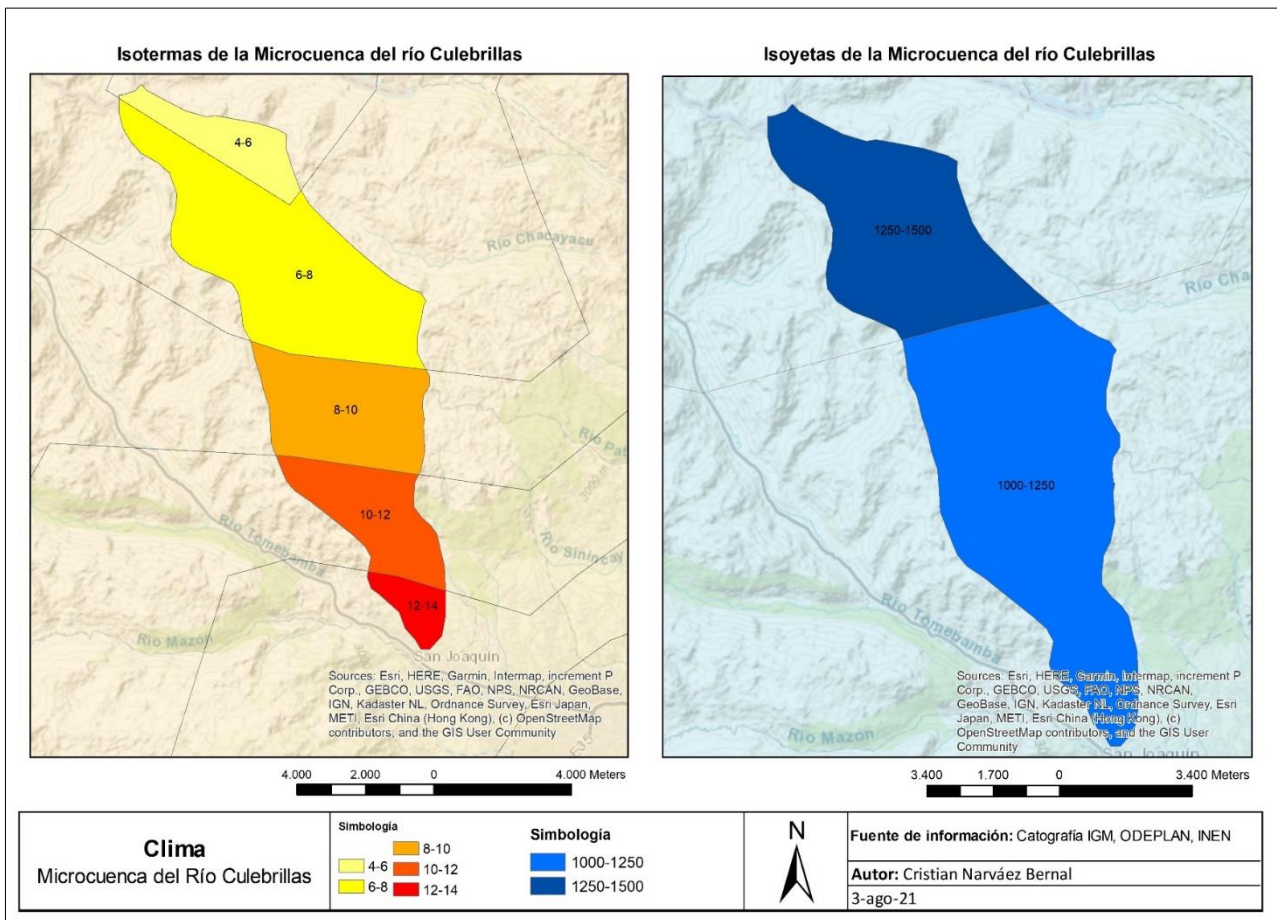


Ilustración 27 Ilustración. Histograma de precipitaciones

Fuente: Autor

- **Temperatura**

Analizando los mapas correspondientes de la temperatura la microcuenca del río culebrillas tiene una parte alta entre los 4° y 6 C° con fuertes heladas al año. en la división de la parte central valores entre los 8° y 10 C° en la parte más baja esta entre los 12° a 14°C.



*Ilustración 28 Clima de la microcuenca del río Culebrillas*

*Fuente: Autor*

#### **4.1.2.4.5 Área de Bosques y vegetación protectora**

Los bosques y la vegetación son muy importantes para los ecosistemas llegando así a tener una protección de áreas cuyo objetivo es delimitar las áreas con mayor utilización y llegar de forma natural para ser utilizadas para la agricultura o ganadería.

Para cumplir con una buena protección a nivel global se debe establecer parámetros muy esenciales tales como: buenas prácticas ambientales utilizando los parámetros más generales para el correcto manejo de cada ecosistema presente.

En la parroquia Sayausi según el ministerio del ambiente se tiene que 8453.28ha se localiza como categoría de protección.

el 4.75% pertenece al Bosque.P. Cerro Guabidula; el 1.54 % pertenece al Bosque.P. Fierroloma El 63.34 % pertenece al Bosque.P. Machángara Tomebamba, el 4.79 % al B.P. Mazan, el 21.94 % al B.P. Molleturo Mollepungo1, el 0.16% al B.P.

Sumando entre las áreas de bosque protector y el parque nacional las cajas se obtiene un resultado de 13518.95ha correspondiente un alto índice de protección llegando al casi 47%.

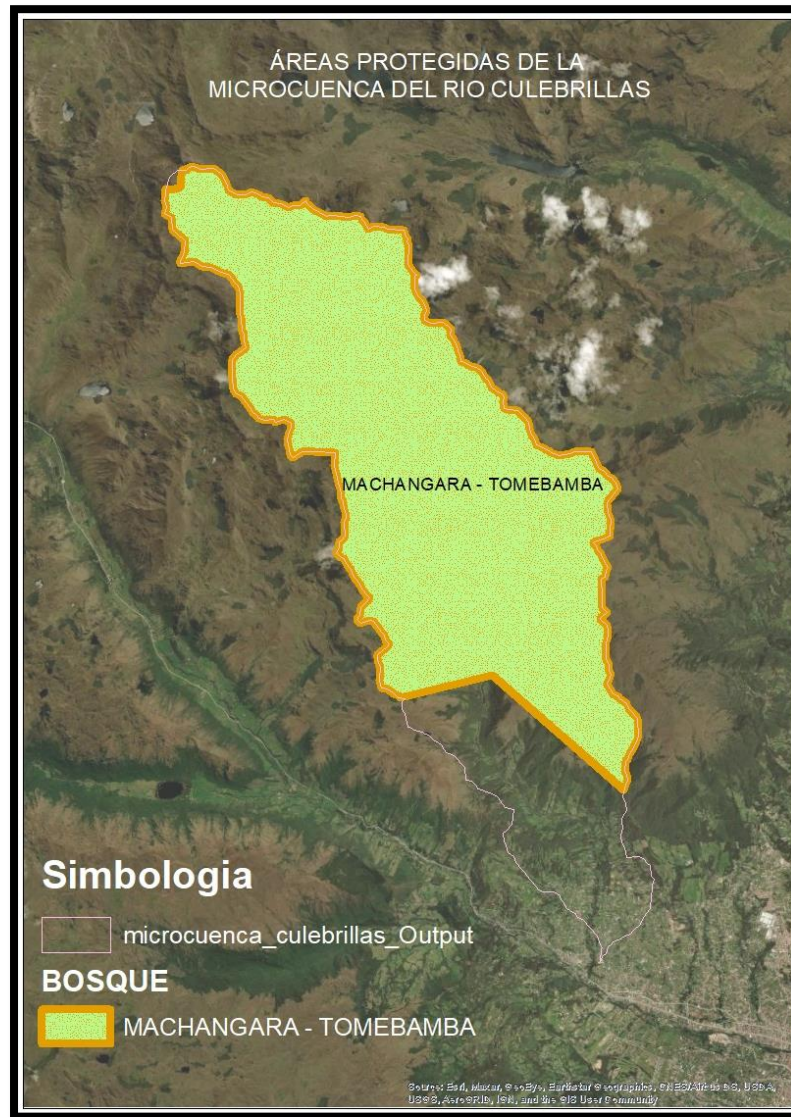


Ilustración 29 Áreas protegidas de la microcuenca del rio culebrillas

Fuente: Autor



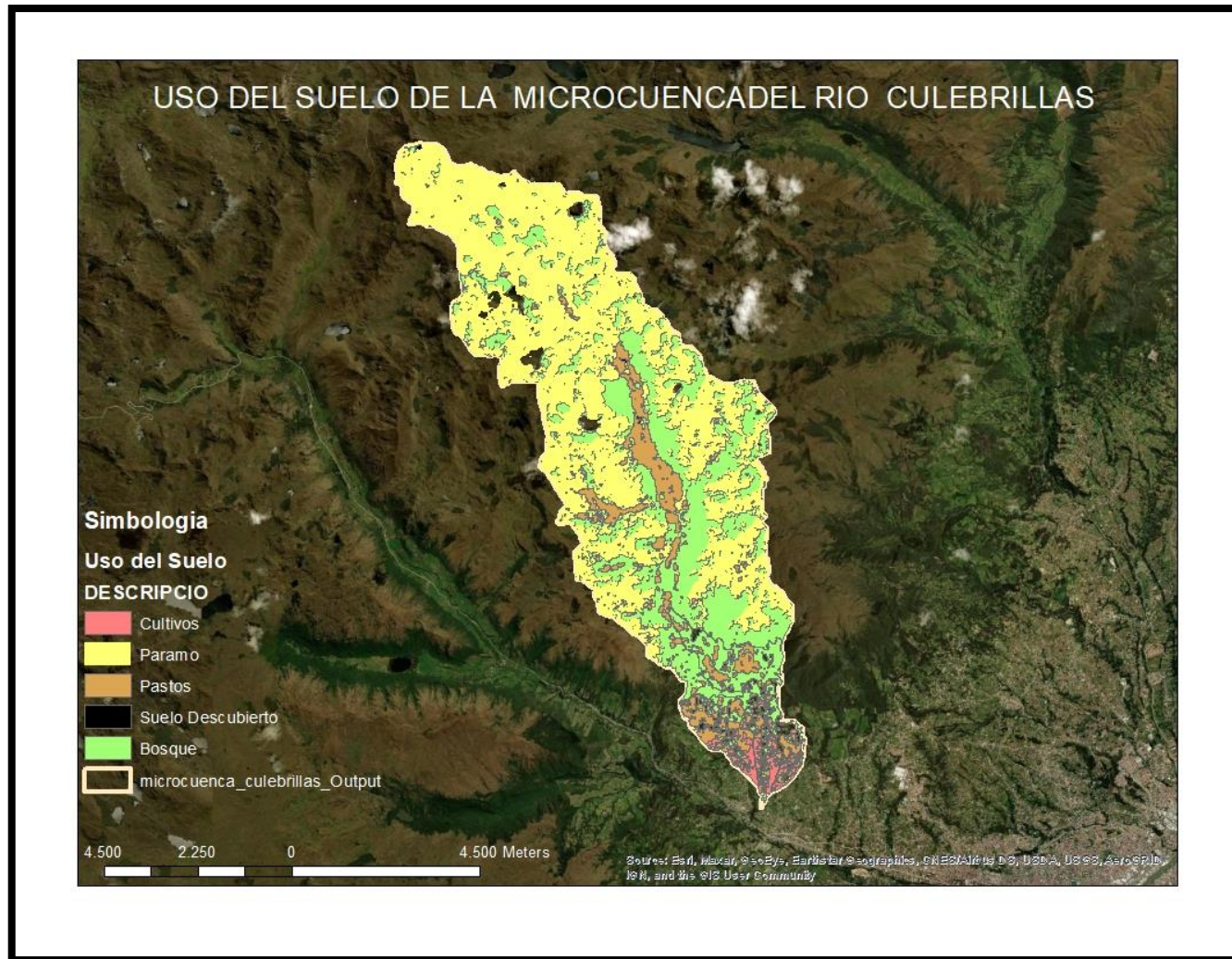
#### 4.1.2.5 Uso del suelo

Mediante el procesamiento de imágenes satelitales, información cartográfica del Ecuador, y el plan de ordenamiento de Sayausi 2015, se determinó las coberturas presentes de la microcuenca.

*Tabla 16 Uso del suelo de la microcuenca del río Culebrillas*

COBERTURA	USO DEL SUELO	ZONA	ÁREA (ha)
Pasto	Kikuyo	Alta	330,72
	Pasto natural	Media	
Paramo	Paja de paramo	Alta	3675,43
	llashipa		
Bosque	Pastizales chaparros	Alta	1850,85
	eucalipto	Media	
	Matorrales	Baja	
Cuerpos de agua	Lagunas	Alta	30,39
Áreas de cultivo	maiz	Baja	100,42
	frejol		
	zambo		
	arveja		
	cavada		
Áreas no cultivables	Centros poblados	Baja	80,74
Suelos descubiertos	Pendientes altas	Alta	
	Erosión		

*Fuente: Autor*



*Ilustración 30 Uso de suelo de la microcuenca del rio Culebrillas*

*Fuente: Autor*

#### 4.1.2.6 Reconocimiento infraestructural de la zona

##### - **Infraestructura Vial**

Para el acceso de la microcuenca del río Culebrillas la vía más actual es Molleturo, la cual es considerada como primer orden la vía se acerca debajo de la microcuenca la cual se desprende unos anillos viales que cruzan los poblados de Bellavista y Buenos Aires pasando por la parroquia Sayausi en donde se une nuevamente a la vía Molleturo.

El camino conduce al barrio Bellavista donde se rige a la cuenca alta del Río Culebrillas pasando por la sección de Minas. El camino sale del barrio de Bellavista llegando al lugar de Sharo donde se continúa siguiendo recto por el

El poblado Buenos Aires nos da la trayectoria de la cuenca media cruzando por el sitio de Ingapirca y la captación del agua de Culebrillas, el barrio Buenos Aires también es el punto donde lleva a la cuenca media y alta ya que va paralelo al río.

##### - **Centros poblados**

###### **Barrio central**

###### **Buenos Aires**

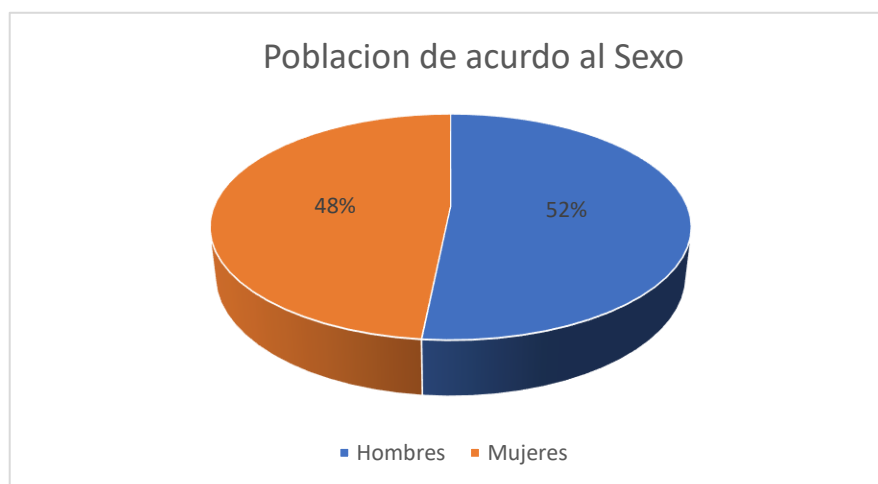
se halla en la microcuenca del río Culebrillas aproximadamente existe 450 familias, cuenta el barrio con infraestructura de varias casas comunales, canchas de usos múltiples, iglesia, alcantarillado, alumbrado público en unos 90%.

###### **Barrio Bellavista**

En el barrio habitan 750 personas cuenta con infraestructura de una casa comunal, canchas de usos múltiples, iglesia, alcantarillado, alumbrado público en unos 75% telefonía pública y centros educativos.

## - Población

Actualmente se establece que la población en si pertenece a una cantidad de población mínima existiendo alrededor de 1500 familias.



*Ilustración 31 Población de acuerdo al sexo*

*Fuente: Autor*

*Tabla 17 Población según su edad*

0- 5 Años	6-11 Años	12-18 Años	19-26 Años	27-40 Años	41-55 Años	57-77 Años	Mas de 77 Años
7,4	162,	13,3	20,7	16,6	14,8	10	1,1

*Fuente: Autor*

## 4.2 Análisis Multitemporal

### 4.2.1 Análisis de los Mapas de uso de suelo y cobertura de sus años

Ya teniendo listo el procesamiento de cada imagen satelital de cada uno de los periodos de análisis se, realizó la correcta generación de mapas de uso de suelo cuyos resultados se demuestran a continuación.

## MAPA USO DE SUELO 2000

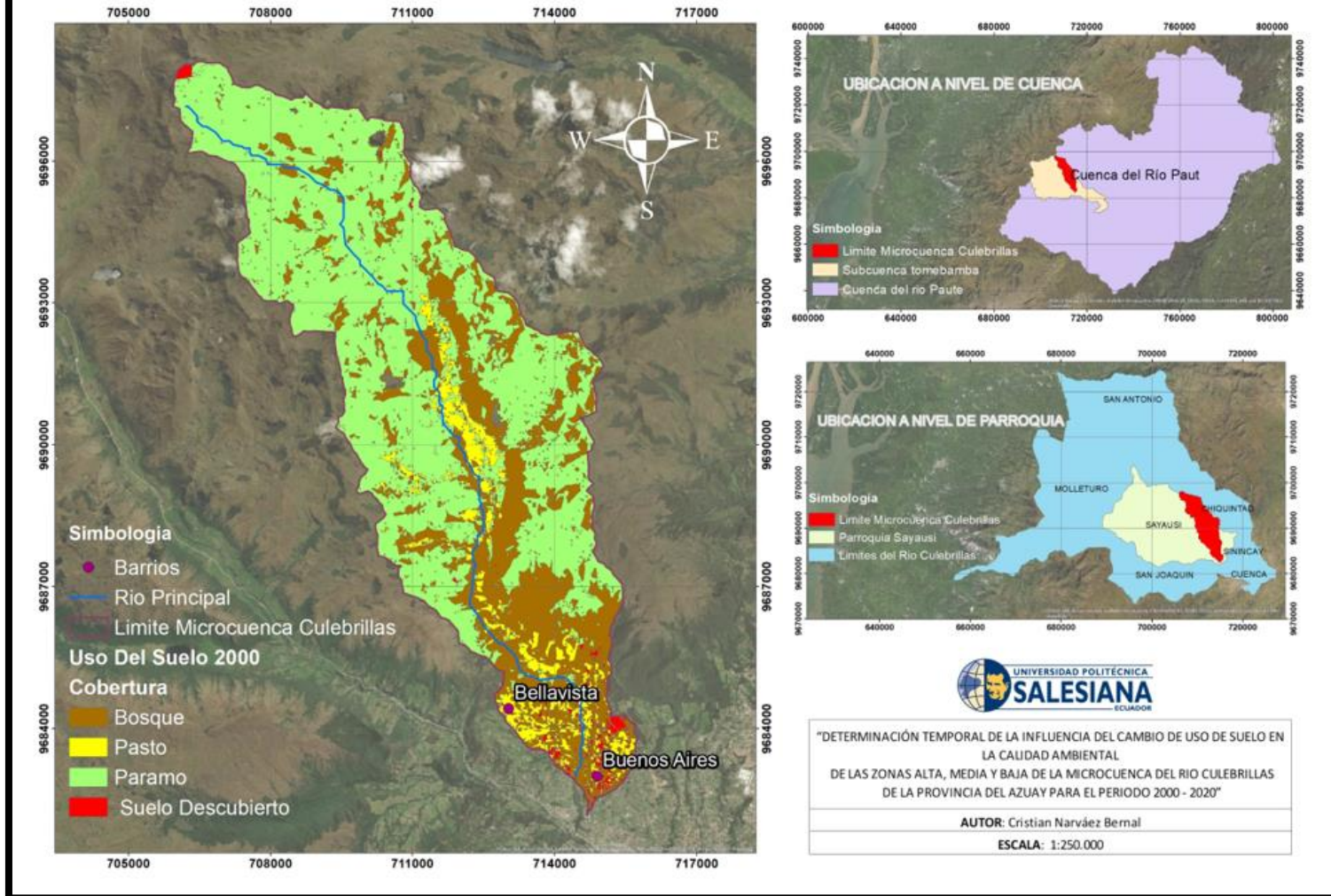


Ilustración 32 Mapa del suelo 2000

Fuente: Autor

## MAPA USO DE SUELO 2010

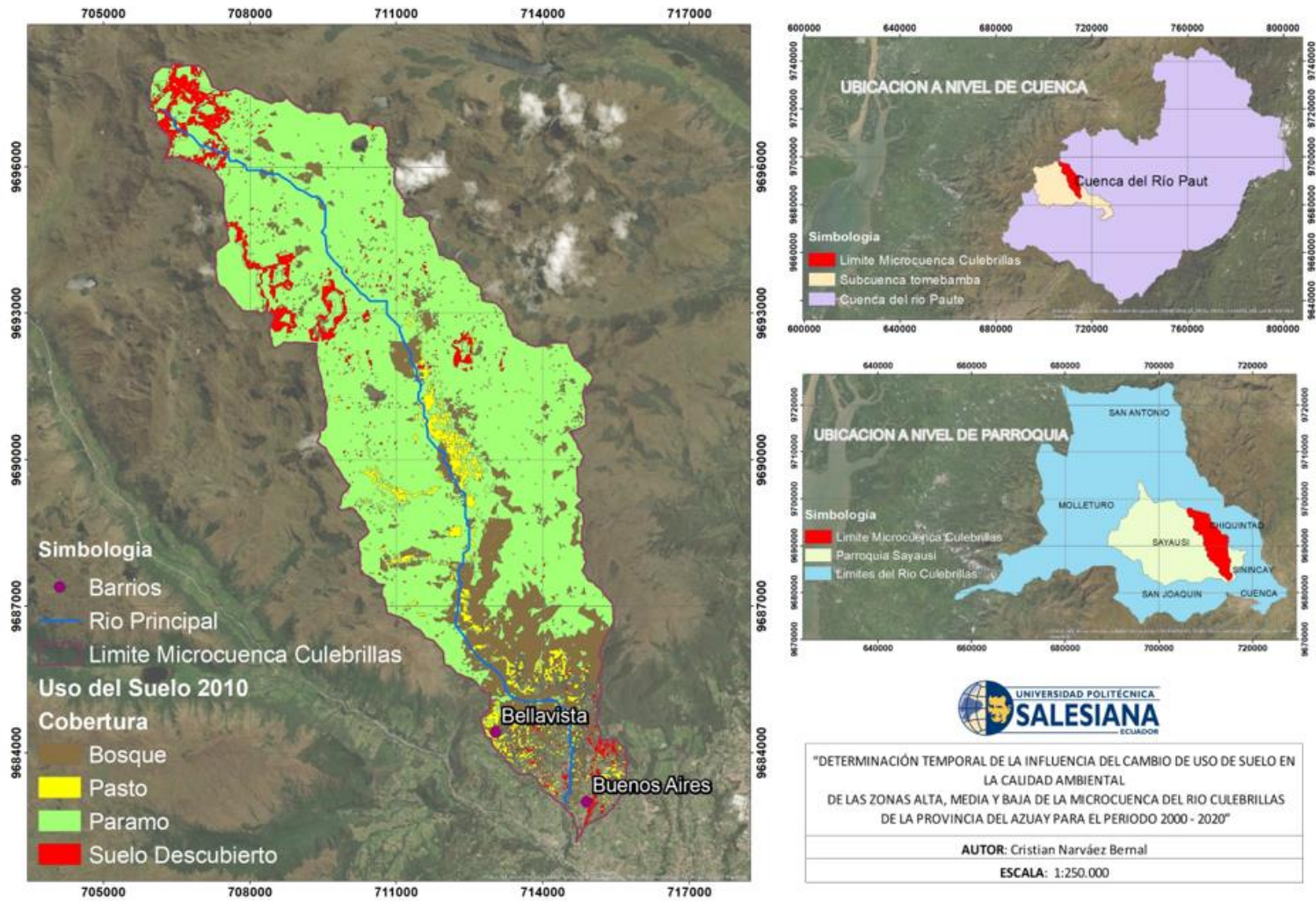


Ilustración 33 Mapa del suelo 2010

Fuente: Autor

# MAPA USO DE SUELO 2020

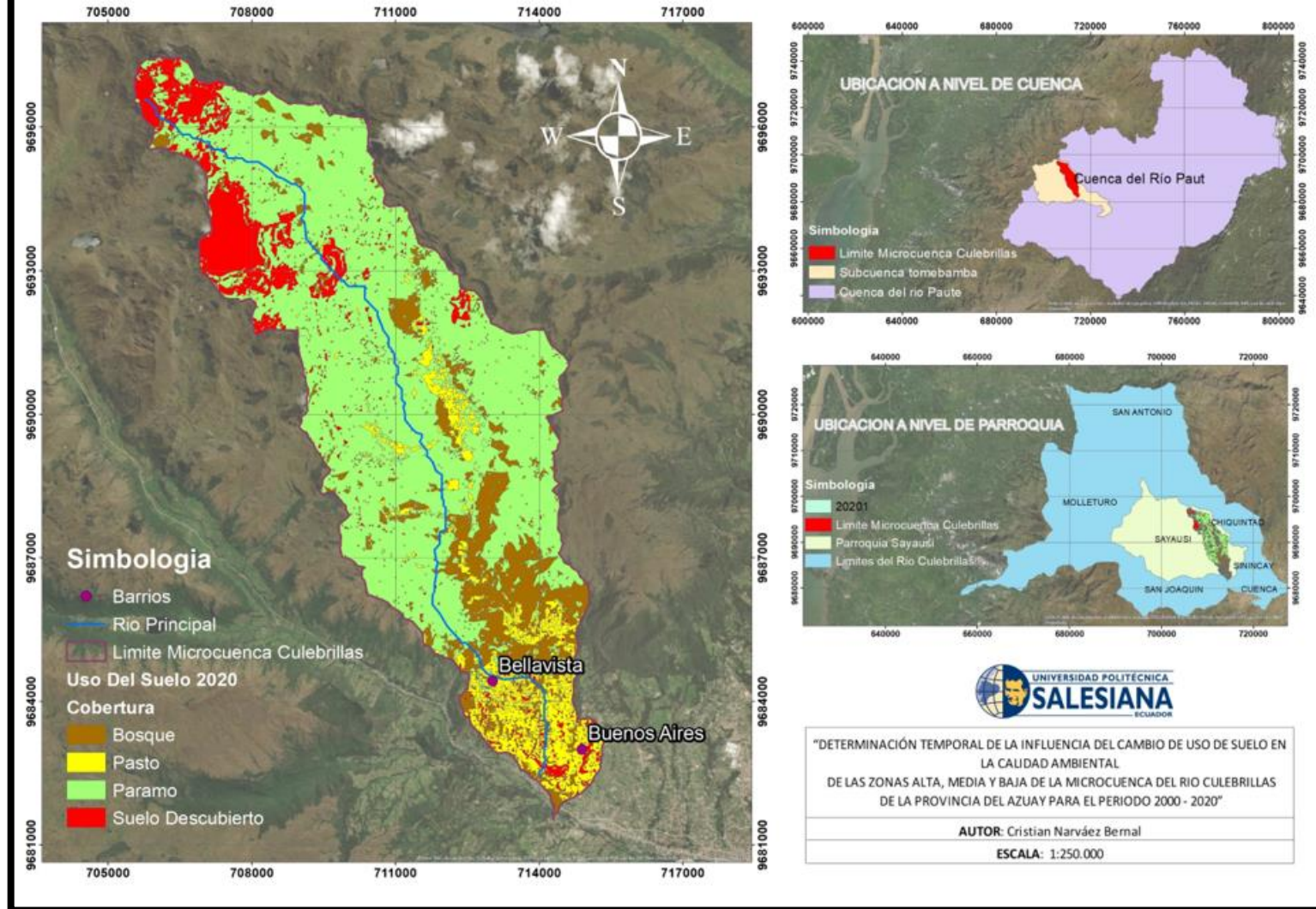


Ilustración 34 Mapa del suelo 2020

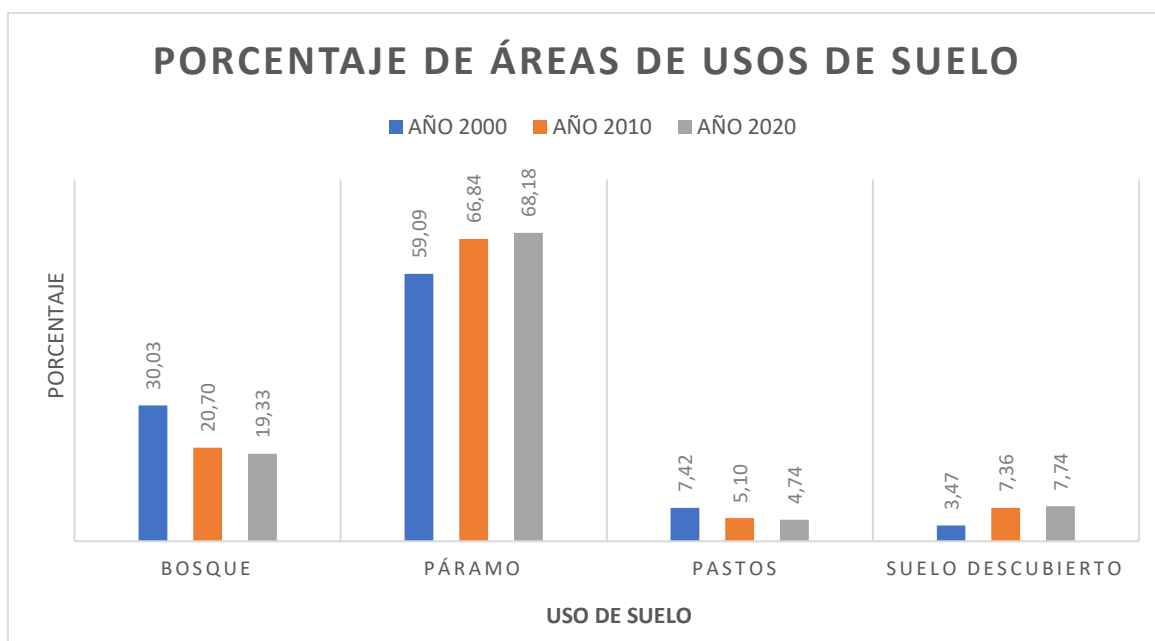
Fuente: Autor

Con la correcta verificación de cada mapa generado se procedió a la realización de una tabla correspondiente al área y sus características de porcentaje para su categoría según el uso del suelo.

*Tabla 18 Uso de suelo para cada periodo de estudio*

Uso de Suelo	2000		2010		2020	
	Área (ha)	Porcentaje (%)	Área (ha)	Porcentaje (%)	Área (ha)	Porcentaje (%)
<b>Bosque</b>	<b>1824,78</b>	30,03	<b>1258,13</b>	20,70	<b>1174,85</b>	19,33
<b>Páramo</b>	<b>3590,95</b>	59,09	<b>4062,11</b>	66,84	<b>4143,74</b>	68,18
<b>Pastos</b>	<b>450,74</b>	7,42	<b>310,1</b>	5,10	<b>288,25</b>	4,74
<b>Suelo Descubierta</b>	<b>210,98</b>	3,47	<b>447,12</b>	7,36	<b>470,61</b>	7,74
<b>TOTAL</b>	<b>6077,45</b>	100	<b>6077,46</b>	100	<b>6077,45</b>	100

*Fuente: Autor*



*Ilustración 35 Comparación de porcentaje del uso del suelo*

*Fuente: Autor*

Claramente en el histograma generado la variación del cambio de suelo va entre un intervalo de 10 años.



## 4.2.2 Tasas de cambio

Lo que referencia a la tasa de cambio es la pérdida o ganancia del suelo entre los valores del primer año y segundo dando una equivalencia de tasas muy similares cuya forma es negativa por lo que va representar el incremento masivo de suelo y si por lo tanto da un caso positivo será una determinación de pérdida o disminución parcial.

Tabla 19 Tasa de cambio del suelo 2000-2010

Uso de Suelo	Área año 2000 (ha)	Área año 2010 (ha)	Superficie de Cambio	Tasa de Cambio	Tasa de Cambio Anual
Bosque	1824,78	1258,13	-566,65	0,04	0,004
Páramo	3590,95	4062,11	471,16	-0,01	-0,001
Pastos	450,74	310,1	-140,64	0,04	0,004
Suelo descubierto	210,98	447,12	236,14	-0,08	-0,008
<b>TOTAL</b>	<b>6077,45</b>	<b>6077,46</b>			

Fuente: Autor

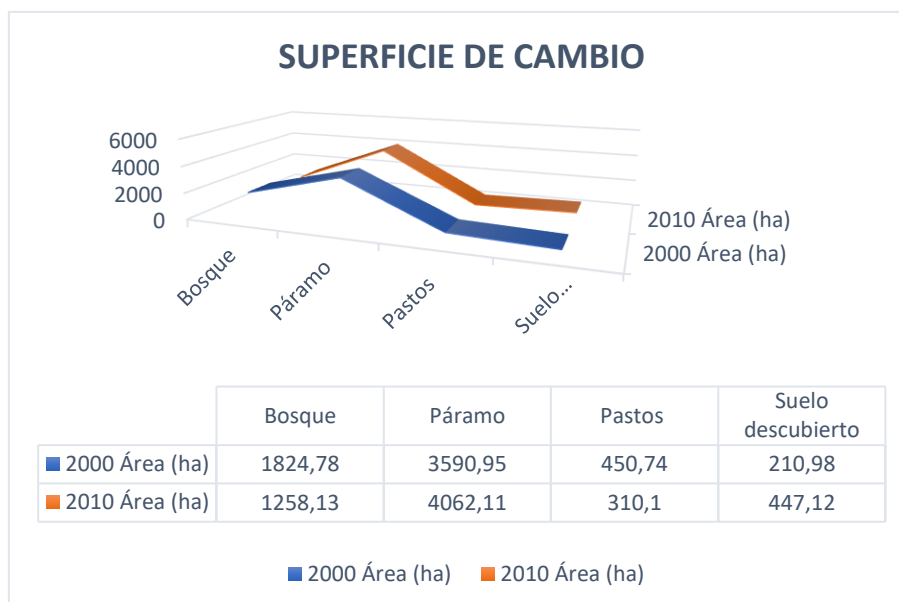


Ilustración 36 Superficie de cambio 2000-2010

Fuente: Autor

Tabla 20 Tasa de cambio del suelo 2010-2020

Uso de Suelo	Área año 2010 (ha)	Área año 2020 (ha)	Superficie de Cambio	Tasa de Cambio	Tasa de Cambio Anual
Bosque	1258,13	1174,85	-83,28	0,01	0,001
Páramo	4062,11	4143,74	81,63	0,00	0,000
Pastos	310,1	288,25	-21,85	0,01	0,001
Suelo descubierto	447,12	470,61	23,49	-0,01	-0,001
<b>TOTAL</b>	<b>6077,46</b>	<b>6077,45</b>			

Fuente: Autor

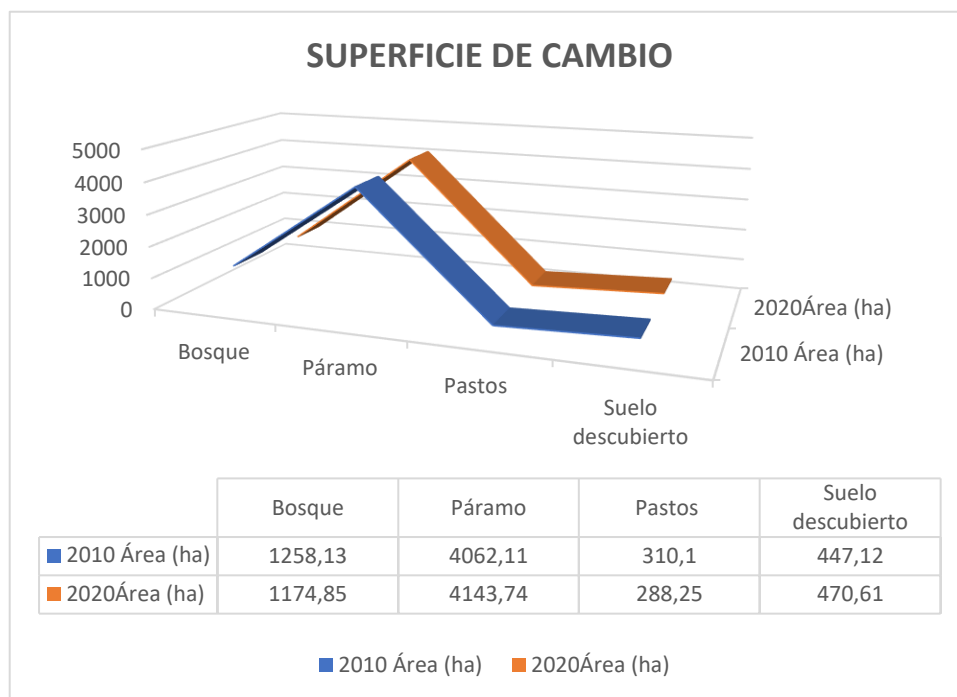


Ilustración 37 Superficie de cambio 2010-2020

Fuente: Autor

#### **4.2.2.1 Transición de cambios multitemporal**

Según los resultados obtenidos de la (**Tabla 18**), la cobertura de bosque para el año 2000 se dice que asume un área del 30,03%; por lo tanto, en el año 2010 existe una disminución considerada del 20,70% llegando al año 2020 una disminución del 19,33%, estableciendo y analizando que esta disminución es debido mayormente a la agricultura y la mala práctica del uso del suelo.

En relación al paramo en el año 2000 presenta un dato muy puntual del 59,09% para el 2010 se establece un gran cambio llegando el aumento del 66,84% produciendo un alto índice de vegetación natural, y en el 2020 también hay un excesivo incremento del 68,18% con una tasa del 9,2%.

La estimación de la cobertura de pasto para el año 2000 es aproximadamente del 7,42% en el año 2010 se identifica una disminución llegando al 5,10% como finalidad en el 2020 una disminución considerada del 4,74%.

A lo referente al suelo descubierto en el periodo del año 2000 se verifica un 3,47% siendo un dato no muy alto, pero para el 2010 hay un alto índice de tasa de crecimiento del 7,36% dando como referencia final el año 2020 con un 7,46%.

#### **4.2.3 Cambios ocurridos en la Superficie**

Para los cambios ocurridos se realizó un pequeño análisis de contabilización que por lógica nos permite determinar los grandes procesos que se van a generar por el uso del suelo por lo que se puede indicar en el tabal siguiente.

Tabla 21 Cambio de uso a otro 2000-2010

Uso de suelo 2000	Uso de suelo 2010				Total
	Bosque	Páramo	Pastos	Suelo descubierto	
Bosque	110,53	213,16	50,31	35,41	409,41
Páramo	150,21	4856,28	49,32	10,33	5066,14
Pastos	95,54	123,46	31,46	168,51	418,97
Suelo descubierto	70,44	100,36	11,26	0,87	182,93
Total	426,72	5293,26	142,35	215,12	6077,45

Fuente: Autor

Tabla 22 Cambio de uso a otro 2010-2020

Uso de suelo 2010	Uso de suelo 2020				Total
	Bosque	Páramo	Pastos	Suelo descubierto	
Bosque	70,43	592,13	5,19	20,35	688,1
Páramo	902,11	3398,84	398,98	5,77	4705,7
Pastos	2,59	15,28	4,31	358,26	380,44
Suelo descubierto	2,54	3,12	289,35	8,21	303,22
Total	977,67	4009,37	697,83	392,59	6077,46

Fuente: Autor

En la tabla se pretende establecer los cambios radicales de clase a clase, realizando los cruces laterales de cada periodo, unificando la unión de cada uso de suelo para la correcta función que va presentar la microcuenca del río culebrillas con el fin de desarrollar sus categorías adecuadas de cada uso.

#### 4.2.3.1 Expansión del límite agrícola

Se calculo las áreas de interés con el propósito de evaluar los grandes cambios radicales sobre la elevación internamente de 3200m, ya que el análisis permite puntualizar el factor de unión de la elevación para la determinación del área que será evaluada dando como resultado la tabla siguiente.

- *Periodo 2000 – 2010*

*Tabla 23 Cambio de usos 2000-2010 (zona alta)*

Uso de suelo 2000 Zona Alta)	Uso de suelo 2010 (Zona Alta)				Total
	Bosque	Páramo	Pastos	Suelo descubierto	
Bosque	0,45	79,54	2,19	2,32	84,5
Páramo	20,16	4290,89	117,99	85,71	4514,75
Pastos	2,18	154,28	1020,31	31,21	1207,98
Suelo descubierto	1,54	110,12	10,35	148,21	270,22
Total	24,33	4634,83	1150,84	267,45	6077,45

*Fuente: Autor*

*Tabla 24 Cambios sobre los 3200 m (2000-2010)*

	2000	Área (ha)	porcentaje (%)
<b>Páramo (2000)</b>	Bosque	20,16	0,45
	Páramo	4290,89	95,04
	Pastos	117,99	2,61
	Suelo Descubierto	85,71	1,90
	<b>Total</b>	<b>4514,75</b>	<b>100</b>
<b>Pasto (2000)</b>	Bosque	2,18	0,18
	Páramo	154,28	12,77
	Pastos	1020,31	84,46
	Suelo Descubierto	31,21	2,58
	<b>Total</b>	<b>1207,98</b>	<b>100</b>
<b>Suelo Descubierto (2000)</b>	Bosque	1,54	0,57
	Páramo	110,12	40,75
	Pastos	10,35	3,83
	Suelo Descubierto	148,21	54,85
	<b>Total</b>	<b>270,22</b>	<b>100</b>

*Fuente: Autor*

Según lo que referencia al primer análisis de estudio con relación al gran incremento de la frontera agrícola se establece que la formación descrita a continuación se ve reflejada en cada década del uso de suelo.

En el año 2000 existía el 100% de paramo, para el año 2010 el 2,61 % toma proporción de pasto, el 0,45% de bosque y el 1,90 % a suelo descubierto, un 95,04% se mantiene.

La cantidad de pasto que rodea la parte baja de la microcuenca se va formando la cobertura de paramo casi el 12,77% en un 0,18% vegetación leñosa y por debajo del 2,58% se va modificando como un suelo deteriorado

La mayoría del suelo descubierto se modifica a pasto llegando al 3,83% y pasan a formar parte del páramo casi el 40,75% concluyendo que si existe un gran incremento por parte de la gran frontera agrícola.

- *Periodo 2010 – 2020*

*Tabla 25 Cambio de un prototipo a otro uso 2010-2020 (zona alta)*

	Uso de suelo 2020 (Zona Alta)				Total
	Bosque	Páramo	Pastos	Suelo descubierto	
Bosque	50,46	50,42	20,55	10,17	131,6
Páramo	25,41	4594,41	554,12	110,15	5284,09
Pastos	11,12	10,45	120,11	6,41	148,09
Suelo descubierto	14,87	98,23	350,13	50,44	513,67
Total	101,86	4753,51	1044,91	177,17	6077,45

*Fuente: Autor*

Tabla 26 Cambios sobre los 3200 m (2010-2020).

	2020	Área (ha)	porcentaje (%)
<b>Páramo (2010)</b>	Bosque	25,41	0,48
	Páramo	4594,41	86,95
	Pastos	554,12	10,49
	Suelo Descubierta	110,15	2,08
	<b>Total</b>	<b>5284,09</b>	<b>100,00</b>
<b>Pasto (2010)</b>	Bosque	11,12	7,51
	Páramo	10,45	7,06
	Pastos	120,11	81,11
	Suelo Descubierta	6,41	4,33
	<b>Total</b>	<b>148,09</b>	<b>100</b>
<b>Suelo Descubierta (2010)</b>	Bosque	14,87	2,89
	Páramo	98,23	19,12
	Pastos	350,13	68,16
	Suelo Descubierta	50,44	9,82
	<b>Total</b>	<b>513,67</b>	<b>100</b>

Fuente: Autor

En este periodo según los resultados obtenidos se establece que el 100% de la cobertura del páramo que se aparentaba en el año 2010 para el periodo del año 2020 el casi el 10,49% forma parte de los pastos, y el 2,08%, se modifica a la formación de suelo descubierta llegando a un análisis de que estos datos son los mas significativos y representativos a cuanto a este periodo de análisis.

#### 4.2.3.2 Recuperación y desertificación natural de bosques

Tabla 27 Suelo de la microcuenca alta

Uso de Suelo	2000		2010		2020	
	Área (ha)	Porcentaje (%)	Área (ha)	Porcentaje (%)	Área (ha)	Porcentaje (%)
<b>Bosque</b>	<b>185,98</b>	<b>4,52</b>	<b>100,13</b>	<b>2,43</b>	<b>218,85</b>	<b>5,31</b>
<b>Páramo</b>	<b>3390,95</b>	<b>82,33</b>	<b>3762,11</b>	<b>91,34</b>	<b>3413,74</b>	<b>82,88</b>
<b>Pastos</b>	<b>350,74</b>	<b>8,52</b>	<b>109,18</b>	<b>2,65</b>	<b>235,36</b>	<b>5,71</b>
<b>Suelo Descubierta</b>	<b>190,98</b>	<b>4,64</b>	<b>147,23</b>	<b>3,57</b>	<b>250,7</b>	<b>6,09</b>
<b>TOTAL</b>	<b>4118,65</b>	<b>100,00</b>	<b>4118,65</b>	<b>100</b>	<b>4118,65</b>	<b>100</b>

Fuente: Autor

En la tabla N° 27 se indica que los análisis correspondientes entre los años 2000-2010 entre la banda más alta de cobertura de bosque sufre una gran deforestación de 110,12 ha; mientras en el periodo 2010-2020 se ve un aumento del 45,25 ha; dando como un resultado una pérdida de gran cantidad de bosque.

#### 4.2.3.3 Recuperación y forestación de bosques

Como indica en el numeral 3.6.4.3 se debe estabilizar un adecuado uso que pretenda alcanzar esa pérdida parcial de las coberturas de forestación llegando al factor de la cota de análisis que va desde los 3200m.

- **Periodo 2000-2010**

*Tabla 28 Cambio de un tipo de uso a otro 2000-2010 (zona baja)*

Uso de suelo 2000 (Zona Baja)	Uso de suelo 2010 (Zona Baja)				Total	Pérdida de superficie original
	Bosque	Páramo	Pastos	Suelo descubierto		
Bosque	9,45	30,41	10,36	1,45	51,67	30,12
Páramo	80,32	390,21	128,44	72,68	671,65	270,17
Pasto	45,78	101,78	250,12	421,31	818,99	546,03
Suelo descubierto	3,47	25,32	85,26	750,92	864,97	129,45
Incremento de superficie a otras coberturas	139,02	175,09	245,65	412,25	2407,28	

*Fuente: Autor*

Actualmente se toma en cuenta la modificación espontanea de cada cambio que estos van a representar se estima que los bosques dan como fuente la perdida de variables, logrando que la microcuenca del rio culebrillas en un tiempo parcial se recupere.



Tabla 29 Cambio de un tipo de uso a otro 2010-2020 (zona baja)

Uso de suelo 2010 (Zona Baja)		Uso de suelo 2020 (Zona Baja)				Total	Pérdida de superficie original
		Bosque	Páramo	Pastos	Suelo descubierto		
Bosque		130,45	40,49	102,12	50,74	323,8	70,48
Páramo		50,12	100,21	50,49	70,64	271,46	141,75
Pasto		75,52	35,15	550,12	287,45	948,24	367,45
Suelo descubierto		100,14	16,47	210,13	250,13	576,87	450,74
Incremento de superficie a otras coberturas		210,19	70,45	452,98	498,74	2120,37	

Fuente: Autor

Puntualmente el bosque logra una pequeña variación en la parte baja con un total e 121,12ha determinando que en esta sección es lo más puntual ya que los otros parámetros no tienen mucha modificación.

#### 4.2.4 Calidad ambiental

Según lo establecido para una adecuada calidad medio ambiental se realiza un análisis de alto grado paisajístico y ecológico logrando determinar una adecuada calidad para la zona de estudio.

Tabla 30 Calidad Ambiental

CALIDAD AMBIENTAL	2000		2010		2020	
	Área (ha)	Porcentaje (%)	Área (ha)	Porcentaje (%)	Área (ha)	Porcentaje (%)
Muy baja	211,94	3,49	310,01	5,10	469,61	7,73
Baja	1829,18	30,10	417,22	6,87	1176,85	19,36
Medio	453,21	7,46	1250,11	20,57	286,25	4,71
Alto	3583,12	58,96	4100,12	67,46	4144,74	68,20
TOTAL	6077,45	100,00	6077,46	100	6077,45	100

Fuente: Autor

## MAPAS DE CALIDAD AMBIENTAL

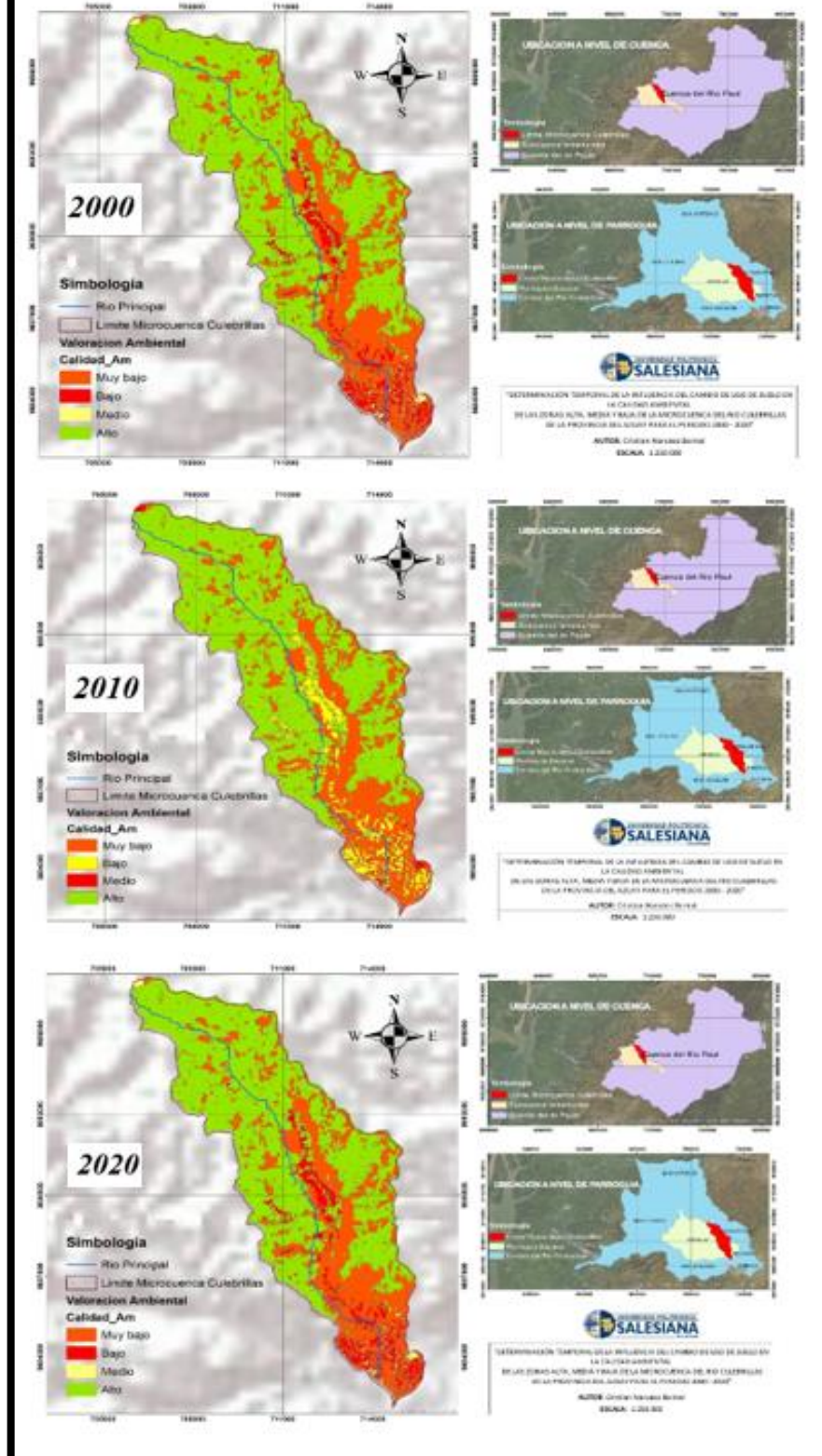


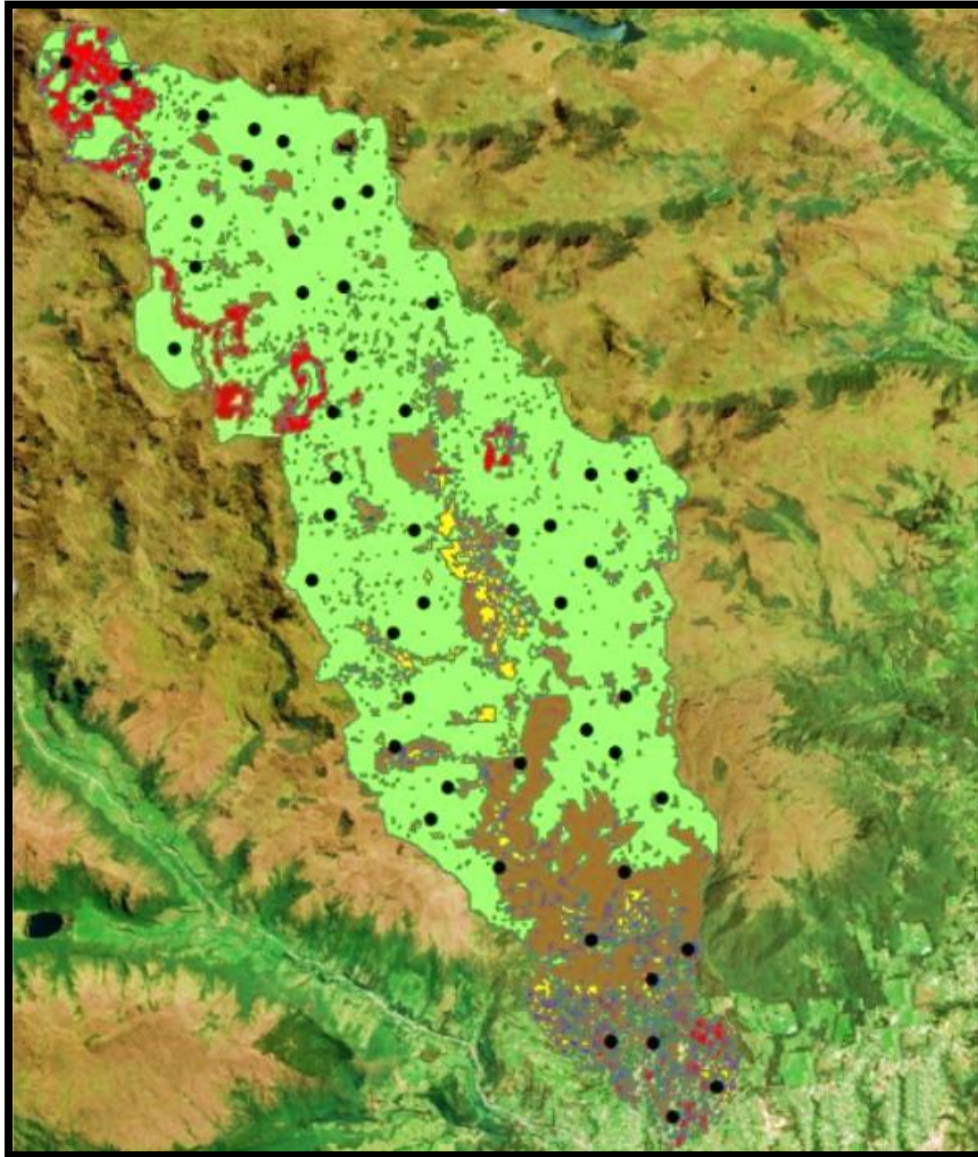
Ilustración 38 Mapas de calidad ambiental

Fuente: Autor

### 4.3 Posibles escenarios

#### 4.3.1 Revalidación de metodología aplicada

En este punto de verificación se procedió a la clasificación y la utilización del mapa del año 2010, cuyo fin es lograr la matriz de confusión.



*Ilustración 39 Puntos de muestreo microcuenca del Río Culebrillas*

*Fuente: Autor*

#### 4.3.1.1 Matriz de Confusión

Para la elaboración de la matriz es muy importante los datos adquiridos anteriormente, así lo que valora la matriz es la confusión de un muestreo vírico de puntos logrando una perfección para el cambio de uso del suelo como se indica en la **(ilustración39)**

Tabla 31 Matriz de confusión

Uso de suelo 2010	Uso del suelo	IDENTIFICACIÓN EN ORTOFOTOMOSAICO				Total	Multiplicaciones Marginales
		Bosque	Páramo	Pastos	Suelo descubierto		
	Bosque	80	0	0	1	81	7128
	Páramo	1	65	0	0	66	4554
	Pastos	7	0	45	3	55	2530
	Suelo descubierto	0	4	1	22	27	702
	Total	88	69	46	26	212	14914
						Normal (N)	229
						Porcentaje (PA)	0,87
						Coficiente de (CAPS)	0,28
						Coficiente de (K)	0,82

Fuente: Autor

#### 4.3.2 Análisis tendencial

Una vez aplicado la metodología para generar el mapa tendencial de escenarios posibles en la microcuenca del río culebrillas, cuyo objetivo es poder tener una dirección de un futuro posible.

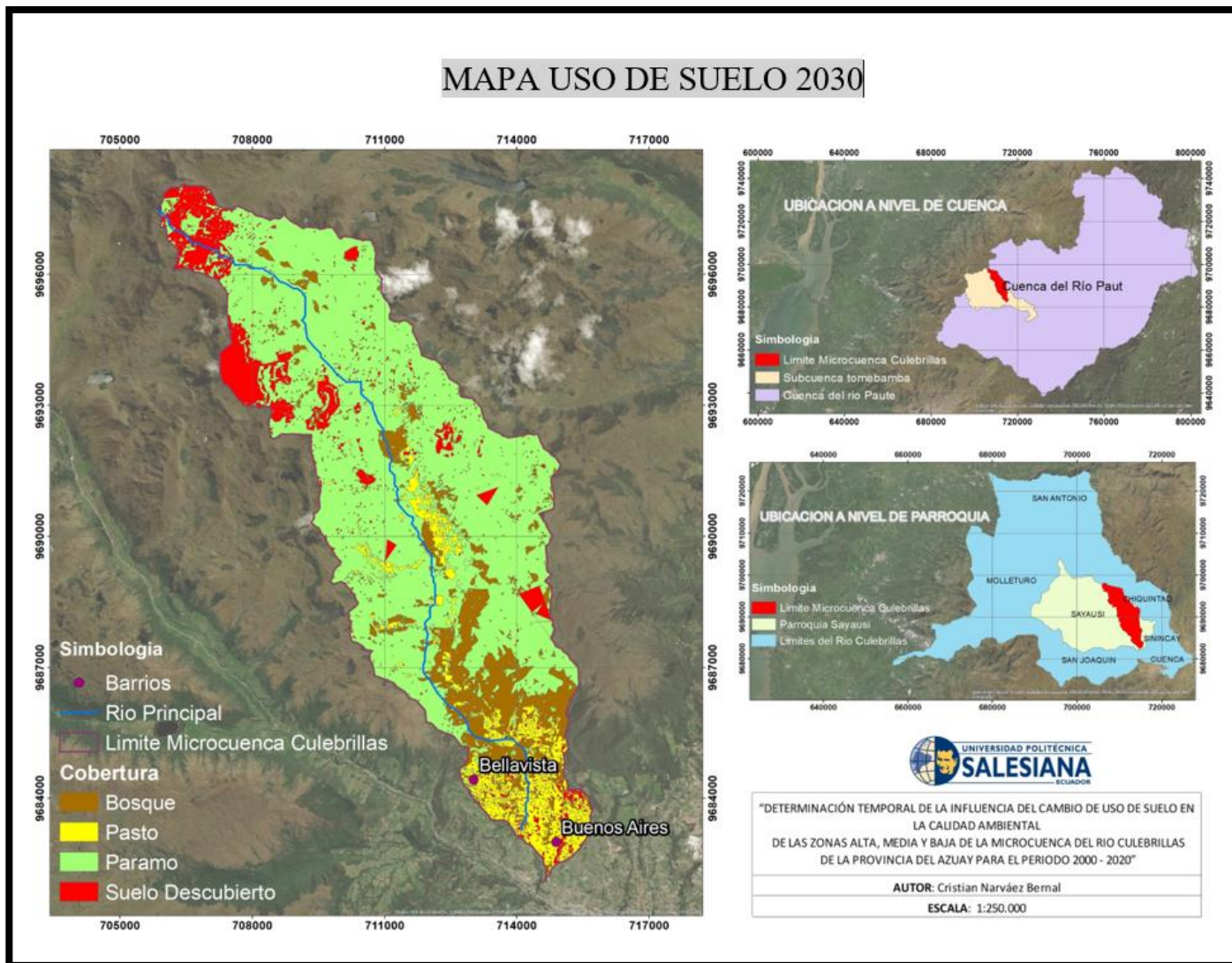


Ilustración 40 Transición del año 2030

Fuente: Autor

Logrando la obtención esencial del escenario tendencial se identifica claramente las variaciones puntuales del uso del suelo, con el propósito de proponer esos cambios futuros para el periodo del 2030.

Tabla 32 Uso de suelo para el escenario tendencial

Uso de Suelo	2000		2010		2020		2030	
	Área (ha)	Porcentaje (%)	Área (ha)	Porcentaje (%)	Área (ha)	Porcentaje (%)	Área (ha)	Porcentaje (%)
Bosque	1824,78	30,03	1258,13	20,70	1174,85	19,33	1024,51	16,86
Páramo	3590,95	59,09	4062,11	66,84	4143,74	68,18	3950,32	65,00
Pastos	450,74	7,42	310,1	5,10	288,25	4,74	393,24	6,47
Suelo Descubierta	210,98	3,47	447,12	7,36	470,61	7,74	709,38	11,67
<b>TOTAL</b>	<b>6077,45</b>	<b>100,00</b>	<b>6077,46</b>	<b>100</b>	<b>6077,45</b>	<b>100</b>	<b>6077,45</b>	<b>100</b>

Fuente: Autor

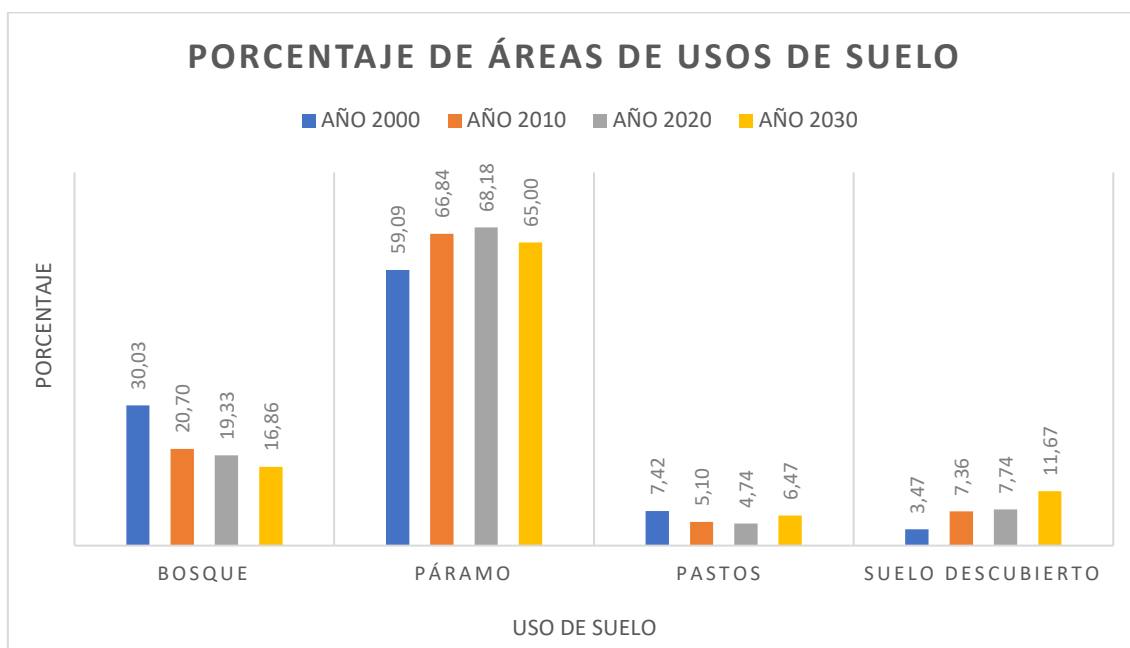


Ilustración 41 Comparación del porcentaje del año 2030

Fuente: Autor

Los resultados obtenidos en la (**Tabla 32**), nos indica que para el periodo 2030 la cobertura parcial de bosque se disminuye de forma radial implicando un cambio de 1024,5 ha, en relación al año 2010 con lo que se ve claramente que si hay un cambio referente a los resultados obtenidos. Paulatinamente en lo que hace la estructura y vinculación del páramo en el periodo 2000 se observa claramente que se tiene 3590,95 ha, obteniendo un gran beneficio por el aumento progresivo para el año 2030 con 3950,32 ha. En relación a la cobertura anual del pasto se diferencia claramente que para el 2030 se tiene 393,24 ha, llegando a predecir una pequeña disminución comparado a lo que se tiene al inicio del año de 450,74 ha.

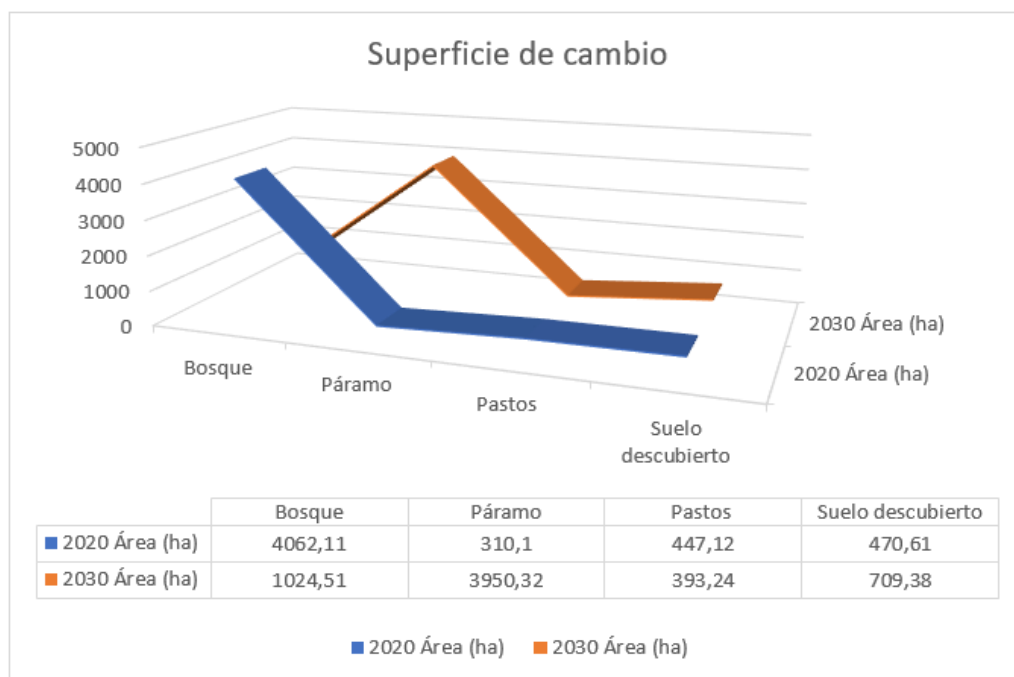
#### 4.3.2.1 Tasas de cambio

*Tabla 33 Tasa de cambio de uso de suelo 2020-2030*

Uso de Suelo	Área año 2020 (ha)	Área año 2030 (ha)	Superficie de Cambio	Tasa de Cambio	Tasa de Cambio Anual
<b>Bosque</b>	<b>1174,85</b>	<b>1024,51</b>	<b>-150,34</b>	<b>0,01</b>	<b>0,001</b>
<b>Páramo</b>	<b>4143,74</b>	<b>3950,32</b>	<b>-193,42</b>	<b>0,00</b>	<b>0,000</b>
<b>Pastos</b>	<b>288,25</b>	<b>393,24</b>	<b>104,99</b>	<b>-0,03</b>	<b>-0,003</b>
<b>Suelo descubierto</b>	<b>470,61</b>	<b>709,38</b>	<b>238,77</b>	<b>-0,04</b>	<b>-0,004</b>
<b>TOTAL</b>	<b>6077,45</b>	<b>6077,45</b>			

*Fuente: Autor*

Según los resultados de la (**Tabla 33**), se especifica y analiza una pérdida puntual del uso del uso del suelo llegando a predecir grandes cambios en sus áreas, así afectando a la microcuenca con varios problemas ambientales, la cobertura del suelo descubierto va aumentando lo que involucra que, si hay cambios radicales esto llegando a 238,77ha.



*Ilustración 42 Superficie de cambio 2010-2030*

*Fuente: Autor*

#### 4.4 Propuesta de estrategias de manejo

El principal objetivo es crear una propuesta para un correcto manejo de la microcuenca, con la mentalidad de aprovechar todas las formas que uno pueda para poder evitar la pérdida de suelos, los impactos naturales, debido a los cambios muy violentos.

Por lo que de manera optimista se pretende que cada actividad tenga medidas muy útiles con el propósito de mitigar todo impacto producido en la microcuenca llegando a una compensación muy alta de la población, así implementando planes de contingencia rurales y urbanos para un seguimiento paulatino y educativo.



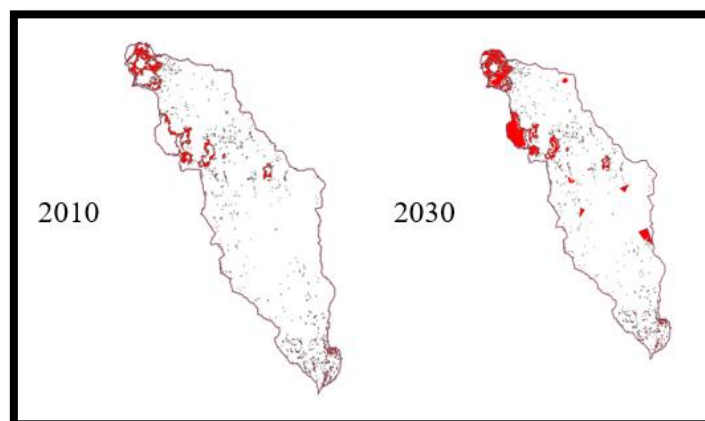
#### 4.4.1 Áreas susceptibles

##### 4.4.1.1 Incremento del área de Paramo

En el caso de la gestión adecuada para la cobertura del páramo se verifica que con las variaciones inadecuadas de una mala gestión hay cambios muy radicales llegando ser estos buenos o malos ya que para el año 2000 se logra tener un área del 3590,95 ha, equivalente a un porcentaje muy bueno ya que para el 2010 se ve un aumento paulatino de 4062,11 ha, llegando a comprender que en la microcuenca no hay un cambio ni degradaciones a lo que referencia al paramo, esto debido que pueda existir una buena estrategia de la población para mantener sus ríos y sus tierras de actividades estratégicas bien realizadas ya que en la actualidad hay muchos casos desfavorables llegando a pérdidas totales provocando erosiones y cambios irreversibles para la microcuenca.

##### 4.4.1.2 Aumento de áreas deterioradas

Los datos obtenidos al realizar el dicho modelo se verifico y se comprobó que para una estimación futura del 2030 se valorara un total de 709,38 ha de expansión de suelo descubierto provocando grandes cambios en la zona alta y media de la microcuenca del rio Culebrillas



*Ilustración 43 Incremento de zona erosionadas*

*Fuente: Autor*

#### **4.4.1.3 Incompatibilidad de uso**

La mayoría de incompatibilidad de las coberturas del suelo se da de una forma muy delicada que es la sobreexplotación inadecuada del suelo, la mayor parte de las zonas son un producto de la mala gestión provocando que factores antrópicos vayan tomando áreas muy sustentables para la población.

#### **4.4.1.4 Avance de la frontera agrícola**

Los factores más esenciales que favorecen al avance de la frontera es el cambio de uso de la tierra, la quema de árboles, la urbanización, exploración petrolera y minera, tanto las actividades esenciales de la población como es la ganadería y la agricultura son factores que hoy en día van afectando a la cobertura del suelo y así perdiendo gran parte del terreno llegando a ser un problema para la microcuenca del río Culebrillas.

#### **4.4.2 Instrumentos de Gestión Ambiental**

Son muy conocidos como una política para la ayuda y contribución del ambiente, ya que puede llevar acciones muy concretas destinadas a optimizar y lograr varios objetivos constituyendo elementos operativos como: los programas y planes ambientales para dar una solución con la mentalidad de evitar cambios o situaciones muy adversas al ambiente, ayudando a definir la sostenibilidad para la salud y la protección del ambiente por ende se propone los siguientes tipos de instrumentos.

- Instrumento de fortalecimiento de acciones productivas
- Instrumento de restauración de ecosistemas de la microcuenca del río culebrillas
- Instrumento de educación ambiental

### **4.4.3 Propuestas de Manejo Ambiental**

#### **4.4.3.1 Instrumento de fortalecimiento de acciones productivas**

Se pretende proveer las acciones técnicas para realizar, y fortalecer a la microcuenca del río Culebrillas, generando las bases más eficaces con las actividades más paulatinas de la microcuenca logrando un desarrollo sustentable para la fomentación de trabajos que conmuevan a la buena práctica para ello se indica varias propuestas a realizar, dependiendo de las actividades más óptimas para la microcuenca.

1. Verificar toda actividad dentro de la microcuenca del río Culebrillas con el propósito de hacer un análisis bioeconómico que ayude a la producción y la implementación de experiencia a la población.
2. Fortalecimiento y creación de la capacidad de inducir los problemas de las actividades productivas valorando las más representativas en la microcuenca del río Culebrillas
3. Realizar planes de acciones que ayuden al desarrollo para la recopilación de las actividades más representativas de la microcuenca del río Culebrillas
4. Capacitación y asesoramiento a las comunidades aledañas que pertenecen al área de estudio.
5. Elaboración de políticas de conservación para fortalecer todo soporte que la microcuenca genere por sus actividades productivas

#### 4.4.3.2 Instrumento de restauración de ecosistemas

La restauración de ecosistemas es de suma importancia ya que requiere de compromisos de largo plazo, el alto índice de incremento de la frontera agrícola produce una incertidumbre por el producto del entorno biofísico logrando producir la pérdida de controles de erosiones del su trato del suelo, pérdida de la calidad del agua, sucesiones secundarias a nivel global y cambios en el paisaje por lo que se pretende realizar las siguientes actividades para una correcta restauración de los ecosistemas mas afectados en la microcuenca.

1. Reposición enfocada al incremento de la cobertura vegetal mediante técnicas de conservación para lograr prevenir la erosión.
2. Implementación de cercas vivas en las zonas más afectadas para evitar el acercamiento con la ganadería.
3. Identificar los tipos de ecosistemas y restáuralos mediante una breve descripción.
4. Analizar todas las actividades legales y realizar normativas sobre el territorio con el fin de desarrollar permisos y autorizaciones para la implementación de componentes naturales.

#### 4.4.3.3 Instrumento de educación ambiental

El principal objetivo es proponer, el desarrollo de nuevas destrezas sobre el manejo adecuado de la microcuenca, llegando a generar conciencia a la población aledaña y así mejorando sus actividades con nuevos saberes.

1. La implementación de charlas y capacitaciones a la población que se encuentre en el límite del área de estudio con la intención de incentivar los conocimientos más eficaces en temas ambientales.
2. Incentivar el uso de abonos naturales para el mejoramiento del suelo, llegando a aumentar a lo largo del tiempo capa orgánica del suelo y con su aplicación frecuente se mejoran características importantes para el manejo productivo del sector agrícola.
3. Estudio-guía para aquellos productores agropecuarios, con el objeto de mejorar sus prácticas de campo.
4. Programas de actividades ambientales con el fin de promover a escuelas y colegios sobre el medio ambiente.

#### 4.5 Análisis de enfoque multivariado

Para el análisis estadístico se propuso una metodología basada en el DISEÑO DE EXPERIMENTOS COMPLETAMENTE AL AZAR, mediante la implementación de un factor de ingreso que incorpora los datos de los años 2000, 2010, 2020 y una variante en este caso es la salida que va a representar el territorio del uso del suelo.

##### 4.5.1 Análisis ANOVA

Por lo cual la interpretación más adecuada según la hipótesis planteada en el trabajo de investigación es la siguiente:

- H0:  $\mu_{\text{Uso2000}} = \mu_{\text{Uso2010}} = \mu_{\text{Uso2020}}$
- H1:  $\mu_{\text{Uso2000}} \neq \mu_{\text{Uso2010}} \neq \mu_{\text{Uso2020}}$

Tabla 34 Análisis ANOVA

Uso	Media		Valor p	Nivel de significancia
Bosque	2000	4,6	0	0,05
	2010	3,6		
	2020	3,4		
Páramo	2000	3,4	0,935	0,05
	2010	3,4		
	2020	3,2		
Pasto	2000	4,4	0,025	0,05
	2010	3,2		
	2020	3		
Suelo descubierto	2000	3	0,051	0,05
	2010	3		
	2020	4,1		

Fuente: Autor

Los resultados adquiridos mediante el programa estadístico MINITAB ANOVA indica que las coberturas de uso del suelo no presentan ningún tipo de alteraciones estadísticas con el factor del tiempo, es así que las medias se tienen de manera constante para los años de estimación como se puede observar en la **(Tabla 34)**.

Según el análisis estadístico ANOVA los resultados de  $p$  de la cobertura de paramo al ser mayor que el nivel de significancia  $\alpha= 0,05$  no se puede aceptar o rechazar la hipótesis nula.

Según las gráficas generadas en la prueba estadística de las clases de uso del suelo se observa claramente que en la cobertura del bosque según la imagen de intervalos se comprende que para el año 2000 se tiene una elevada valoración para el año 2020 disminuye logrando comprender una balanza superior al año 2010.

Para el páramo en la gráfica de intervalos se observa que para el año 2010 se mantiene estable, pero para el año 2010 y 2020 hay un aumento de valoración. En la gráfica de caja de paramo muestra que no existe diferencias en las medias de los tratamientos que demuestra una similitud de los mismos.

Para analizar la gráfica de residuos de paramo hay que tener en cuenta el modelo de los puntos generados en este caso existe tres bloques bien definidos, lo que permite que no exista una semejanza sino una normalidad en el modelo estadístico

Uso de Suelo	2000		2010		2020	
	Área (ha)	Porcentaje (%)	Área (ha)	Porcentaje (%)	Área (ha)	Porcentaje (%)
Bosque	1824,78	30,03	1258,13	20,70	1174,85	19,33
Páramo	3590,95	59,09	4062,11	66,84	4143,74	68,18
Pastos	450,74	7,42	310,1	5,10	288,25	4,74
Suelo Descubierta	210,98	3,47	447,12	7,36	470,61	7,74
<b>TOTAL</b>	<b>6077,45</b>	<b>100,00</b>	<b>6077,46</b>	<b>100</b>	<b>6077,45</b>	<b>100</b>

Uso de Suelo	2000-2010		2010-2020	
	Superficie de Cambio	Tasa de Cambio	Superficie de Cambio	Tasa de Cambio
Bosque	-566,65	0,037	-83,28	0,007
Páramo	471,16	-0,012	81,63	-0,002
Pastos	-140,64	0,037	-21,85	0,007
Suelo descubierta	236,14	-0,078	23,49	-0,005

*Ilustración 44 Análisis de la superficie de cambio del uso del suelo*

*Fuente: Autor*

Los resultados obtenidos en la (**Ilustración 44**), para el periodo de análisis de los años de investigación 2000-2010 existe 1414,59 ha, en relación al cambio de uso del suelo para el periodo 2010-2020 se ve un cambio de 210,25 ha, llegando como punto de conclusión que el periodo más presuntuoso el 2000-2010 por productividad de erosión y degradación del uso del suelo en función del factor del tiempo.



## **5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **5.1 Conclusiones**

Se determino de manera puntual el análisis correspondiente de toda la información verificada para el desarrollo de la línea base con el propósito de demostrar que las actividades más esenciales de la microcuenca es la agricultura y ganadería. Por lo que esas mismas actividades son fuentes que permanecen de manera rotativa produciendo cambios en el uso del suelo.

Se pudo determinar que el análisis multitemporal es un método esencial y practico para poder monitorear los cambios en el uso de suelo. Para ello es de suma importancia obtener imágenes con una alta resolución ya que nos ayuda a clasificar de manera más precisa y adecuada los tipos de coberturas existentes en una microcuenca ya que a través del tiempo y espacio se obtiene una adecuada visión para la adquisición de disposiciones para la conservación de la microcuenca del rio Culebrillas.

Los cambios radicales del uso sistemático del suelo son utilizados como herramientas para tener las dinámicas existentes en un territorio por lo que establecen los patrones esenciales de permutación por las variables biofísicas y espaciales de la microcuenca.

Se determino que los factores más predominantes, que inciden en el cambio de uso es el avance de la frontera agrícola, el aumento y desordenado crecimiento de la ganadería ya que estas son las que ejercen, más sobre el territorio provocando la deforestación y aplicando los suelos descubiertos en áreas de pasto y paramo principalmente, en la zona

alta y media de la microcuenca dando como resultado tierras muertas y la pérdida en la función ecológica y ambiental del suelo.

El análisis multitemporal muestra que la microcuenca del río Culebrillas en los periodos 2000-2010 los cambios más frecuentes es la tasa de cambio de la cobertura de bosque es de un 0,04% dirigido a una pérdida anual del 0,004%. Con referencia a la cobertura de pasto se estima que hay una pérdida anual del 0,004%, equivalente al 25,14 ha, llegando a una deforestación del casi 1,12ha/año.

Se constató que para la generación de escenarios posibles para una dirección de un futuro es necesario la metodología de la cadena de Márkov por lo que es verificable obtener el índice de aceptabilidad por lo que implica según los resultados que para el año 2030 existe un gran cambio en todas sus coberturas llegando a ser una metodología para dar posibles soluciones a través de los años.

En definitiva, el estudio realizado se confirma la hipótesis planteada en el inicio de la investigación ya que si se comprobó que las diferentes condiciones sean naturales o antrópicas si ocasionan cambios radicales en el uso del suelo tanto en la calidad ambiental como en las coberturas del suelo de la microcuenca del río Culebrillas.

## 5.2 Recomendaciones

- Es muy importante la creación de instrumentos y políticas de manejo ambiental para la parroquia Sayausi donde deberán ser elaboradas y definidas de acuerdo al territorio, tendiendo una buena articulación con los municipios cantonales y parroquiales, para lograr una conservación ambiental correcta.

- El GAD de la parroquia de Sayasui deberá apoyar al fortalecimiento de otras actividades con el fin no enfocarse solo a las actividades más predominantes de la microcuenca del río Culebrillas.
- Brindar capacitaciones, charlas, talleres que sean de manera enfática por parte de autoridades para promover la permanencia de un adecuado manejo ambiental de las microcuencas del territorio Ecuatoriano.
- La implementación de normativas que determinen el cambio radical del uso del suelo, capaces de orientar las zonas más afectadas con la mentalidad de evitar deforestación y expansión de la gran frontera agrícola en áreas que preservan aun bosque nativo.

## 6 BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, M. (2016). *Ecología Verde*. Obtenido de Ecología Verde: <https://www.ecologiaverde.com/matorrales-que-son-tipos-y-fauna-2103.html>
- Aguirre, N. (2007). *Manual para el manejo sustentable de cuencas hidrográficas*. Universidad Nacional de Loja.
- Alcántara, G. (2014). *Análisis de los cambios de la cobertura y uso de la tierra*. Gobierno Regional de Cajamarca. 188p.
- Ambrosio, G. (2002). *Corrección radiométrica y geométrica de imágenes para la detección de cambios en una serie temporal*. España.
- Araque Arellano, M, Vásconez, M, Mancheno, A, Álvarez, C, Prehn, C, Cevallos, C, & Ortiz, L. (2019). *Cuencas Hidrográficas*. Editorial Abya-Yala.
- Arias, H. A. (2014). Metodología para la corrección atmosférica de imágenes Aster, RapidEye, Spot 2 y Landsat 8 con el módulo FLAASH del software ENVI. *Revista Geográfica de América Central*, 22.
- Bocco, G., Mendoza, M., & Masera, O. R. (2001). La dinámica del cambio del uso del suelo en Michoacán: Una propuesta metodológica para el estudio de los procesos de deforestación. *Investigaciones geográficas*, 18-36.

Caro, R. V. (2016). El datum, el geoide, el elipsoide y la cartografía. *Revista general de marina*. 270(1), 27-37.

Chuvieco, E. (1992). *Teledetección, SIG y cambio global*. España .

Cuartero, A. F. (2003). Rectificación y ortorrectificación de imágenes de satélite: análisis comparativo y discusion . *GeoFocus*, 47.

Cure López, L. M. (2012). *Determinación de la influencia del cambio de uso de suelo en la calidad ambiental de la cuenca de río Déleg (Bachelor's thesis)*.

Di Bella, C. (2008). La teledetección como herramienta para la prevención, seguimiento y evaluación de incendios e inundaciones. . *ECOSISTEMAS*, 14.

Di Gregorio, A., & Jansen, L. (2005). *Sistema de Clasificación de la Cobertura de la Tierra*. Roma: FAO.

FAO. (2021). *Conjunto de Herramientas para la Gestión Forestal Sostenible*. Obtenido de Conjunto de Herramientas para la Gestión Forestal Sostenible: <http://www.fao.org/sustainable-forest-management/toolbox/modules-alternative/silviculture-in-natural-forests/basic-knowledge/es/>

Fillat, F. G. (2008). *Pastos del Pirineo*. Madrid: Editorial CSIC-CSIC Press.

Forero Bernal, C. A., , & Zabala Parra, P. A. (2016). *Análisis espacio temporal de la incidencia antrópica en la cuenca del río Cauca, departamento del Valle del Cauca.*

Galarza Galarza, M. X., & Chicaiza Rivera, O. V. (2008). *Propuesta agroproductiva sustentable para la Microcuenca del Río Culebrillas, parroquia Sayausí, Provincia del Azuay.* (Bachelor's thesis, Universidad del Azuay), Cuenca.

GeoSoluciones. (2011). *Imágenes Satelitales.* Obtenido de <https://www.geosoluciones.cl/documentos/ficha-imagenes-satelitales/imagenes.pdf>

Goigochea Pinchi, J. D. (2012). *Delimitación y codificación de unidades hidrográficas en el ámbito del Alto Huallaga.*

Guns, M, & Vanacker, V. (2013). *Forest cover change trajectories and their impact on landslide occurrence in the tropical Andes. Environmental earth sciences, 70(7), 2941-2952.*

Gutiérrez Huamán, N. E. (2014). *Delimitación de la cabecera de cuenca del río Piura.*

Huseby, R. H. (2005). Un enfoque basado en modelos para la corrección geométrica de imágenes ópticas de satélite. *Revista Internacional de Percepción Remota, 26.*

- Jaramillo, A. V. (2013). *Caracterización preliminar de la Geomorfología e Hidrología de la Microcuenca del río Irquis, parroquia Victoria el Portete, cantón Cuenca-Provincia del Azuay.*
- Jiménez López. (2019). *Cadenas de Markov espaciales para simular el crecimiento del Área Metropolitana de Toluca, 2017-2031.* . Mexico.
- Juárez, M. (2016). *Delimitación de la cuenca y unidades hidrográficas del Arroyo la Encantada Saltillo Coahuila mediante el método Pfafstetter.*
- Landis, J. R. (1977). The measurement of observer agreement for categorical data. *biometrics*, 174.
- López, M. (2008). Desigualdad regional en el centro de México. Una exploración espacial de la productividad en el nivel municipal durante el período 1988-2003. *Investigaciones Regionales-Journal of Regional Research*,, 34.
- Miguel, S. P. (2020). *Sistemas de información geográfica.* Editorial UNED.
- Miralles, J. M. (1991). *La teledetección en el seguimiento de los fenómenos naturales. Recursos renovables:* . Valencia : Gandia.J.
- Monterroso, M. (2013). *Guía Práctica: Clasificación de imágenes satelitales.* Obtenido de Guía Práctica: Clasificación de imágenes satelitales.: <http://arcgeek.com/descargas/ClasImMF.pdf>

- Nina Quispe, J. J. (2015). *Cambios de la cobertura del suelo en la reserva nacional salinas y aguada blanca Arequipa, Moquegua-Perú, en relación a la variación de la temperatura y precipitación durante el periodo 1986-2010.*
- Núñez, M. A. (2011). La cuenca hidrográfica en la gestión integrada de los recursos hídricos. *Revista Virtual.*
- PÉREZ. (1996). “*Aproximación a un concepto sobre Calidad Ambiental Urbana.*”.  
Venezuela.
- Pérez, C., & Shinomi, Y. (2002). *Manejo Integral De Cuencas Hidrográficas , Conaf.*”  
*Instituto de Investigaciones Agropecuarias.,1(3), 85–95.*
- Ramakrishna, B. (1997). *Estrategias de extensión para el manejo integrado de cuencas hidrográficas: conceptos y experiencias.* Editorial Lica .
- Rocchini, D. y.-R. (2005). Relief effects on aerial photos geometric correction. *Applied Geography, 25.*
- Rodríguez, A. (2013). *La degradación ambiental un factor de riesgo.* . Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Rodríguez, N. (2011). *Deforestación y cambio en la cobertura del suelo en colombia: Dinámica espacial, factores de cambio y modelamiento .*



- Romero, F. S. (2016). La Teledetección satelital y los sistemas de protección ambiental. *Revista AquaTIC*, (24).
- Ruiz, V. (2014). *Análisis multitemporal del cambio de uso del suelo, en el Paisaje Terrestre Protegido Miraflores Moropotente Nicaragua*.
- Sánchez, P. (2012). *La teledetección enfocada a la obtención de mapas digitales (Doctoral dissertation, Tesis. Ing. Civil. Cuenca, EC, Universidad de Cuenca)*.
- Sandra, R. (2020). *Ecología Verde*. Obtenido de Ecología Verde: <https://www.ecologiaverde.com/paramo-caracteristicas-flora-y-fauna-2546.html>
- Sayausí, G. P. (2015). *Actualización Del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial*. Cuenca, Ecuador.
- Tantaleán, A. (2016). *Análisis de los cambios de cobertura y uso del suelo en el distrito de Chota, años 1989-2013 (Doctoral dissertation, Tesis Ing. Forestal. Cajamarca-Perú. Universidad Nacional de Cajamarca)*.
- Torres, A. (1996). Procesamiento digital de imágenes. *Perfiles Educativos*, 11.
- UDA-IERSE. (2004). *Universidad del Azuay - Instituto de Estudios de Régimen Seccional del Ecuador) Aplicaciones de la información temática digital de la cuenca del Río Paute*. Cuenca, Ecuador.

Valdez Rodríguez, M., Perón Delgado, E., , & Pérez Rangel, M. . (2016). *EL MODELO DIGITAL DE TERRENO PARA EL DIAGNÓSTICO MEDIOAMBIENTAL A ESCALA LOCAL*. Mexico.

Verdugo Cárdenas, M. (2017). *Análisis morfométrico de las microcuencas a las que pertenece el Bosque y Vegetación Protectora Aguarongo (BVPA), influencia en el comportamiento hidrológico (Bachelor's thesis)*.

Verdugo, G. S. (2009). *Sandoval Verdugo, G. S. (2009). Análisis del proceso de cambio de uso y cobertura de suelo en la expansión urbana del gran valparaíso, su evolución y escenarios futuros*.

Vicens, L. (2009). *Clasificación de Imágenes, Programa UNIGIS de Postgrado y Master Internacional a distancia en Sistemas de Información Geográfica*. girona .

Villalta Ojeda, D. R., & Yumbay Taris, P. A. (2020). *Determinación de la influencia del cambio de uso de suelo en la calidad ambiental de las zonas alta, media y baja en las microcuencas de los ríos Guallicanga y San Antonio del cantón Cañar y El Tambo, 1990-2018* .

Witting Calderon, N. J. (2019). *Cambio de cobertura y uso del suelo en diferentes períodos a partir del uso de imágenes satelitales en el distrito de Codo del Pozuzo, Huánuco*.

Zorogastúa Cruz, P, Quiroz Guerra, R, & Garatuza Payán, J. (2011). *Evaluación de cambios en la cobertura y uso de la tierra con imágenes de satélite en Piura-Perú. Ecología aplicada, 10(1), 13-22.*

## 7 ANEXOS

### Análisis estadístico (ANOVA) de la microcuenca del río Culebrillas

#### ANEXO A Bosque

- Análisis de Varianza

**Tabla 35 Análisis de varianza para el bosque**

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Años	2	32,55	16,277	10,99	0,00
Error	39	57,75	1,481		
Total	41	90,31			

Fuente: Autor

- Resumen del modelo

**Tabla 36 Resumen del modelo del bosque**

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
1,21691	36,05%	32,77%	25,83%

Fuente: Autor

- Medias

**Tabla 37 Medias del análisis del bosque**

Años	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
2000	14	5,050	1,278	(4,392; 5,708)
2010	14	3,121	1,372	(2,464; 3,779)
2020	14	3,250	0,963	(2,592; 3,908)

Fuente: Autor

## ANEXO B Páramo

- **Análisis de Varianza**

**Tabla 38 Análisis de varianza del páramo**

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC Ajust.</b>	<b>MC Ajust.</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor p</b>
Años	2	0,2850	0,1425	0,07	0,935
Error	39	70,0625	2,1231		
Total	41	70,3475			

**Fuente: Autor**

- **Resumen del modelo**

**Tabla 39 Resumen del páramo**

<b>S</b>	<b>R-cuad.</b>	<b>R-cuad. (ajustado)</b>	<b>R-cuad. (pred)</b>
1,45709	0,41%	,00%	0,00%

**Fuente: Autor**

- **Medias**

**Tabla 40 Medias del análisis del páramo**

<b>Años</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Desv.Est.</b>	<b>IC de 95%</b>
2000	12	3,425	1,550	(2,569; 4,281)
2010	12	3,450	1,177	(2,594; 4,306)
2020	12	3,250	1,607	(2,394; 4,106)

**Fuente: Autor**

## ANEXO C Pasto

- **Análisis de Varianza**

**Tabla 41 Análisis de varianza del pasto**

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC Ajust.</b>	<b>MC Ajust.</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor p</b>
Año	2	14,43	7,215	4,06	0,025
Error	39	69,33	1,778		
Total	41	83,76			

**Fuente: Autor**

- **Resumen del modelo**

**Tabla 42 Resumen de cobertura del pasto**

<b>S</b>	<b>R-cuad.</b>	<b>R-cuad. (ajustado)</b>	<b>R- cuad. (pred)</b>
1,33330	17,23%	12,98%	4,00%

**Fuente: Autor**

- **Medias**

**Tabla 43 Medias de análisis del pasto**

<b>Año</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Desv.Est.</b>	<b>IC de 95%</b>
2000	14	4,421	1,105	(3,701; 5,142)
2010	14	3,286	1,459	(2,565; 4,006)
2020	14	3,093	1,408	(2,372; 3,814)

**Fuente: Autor**

## ANEXO D Suelo descubierto

- **Análisis de Varianza**

**Tabla 44 Análisis de varianza del suelo descubierto**

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC Ajust.</b>	<b>MC Ajust.</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor p</b>
Factor	2	11,49	5,746	3,21	0,051
Error	39	69,87	1,792		
Total	41	81,36			

**Fuente: Autor**

- **Resumen del modelo**

**Tabla 45 Resumen de Suelo descubierto**

<b>S</b>	<b>R-cuad.</b>	<b>R-cuad. (ajustado)</b>	<b>R-cuad. (pred)</b>
1,33850	14,12%	9,72%	0,40%

**Fuente: Autor**

- **Medias**

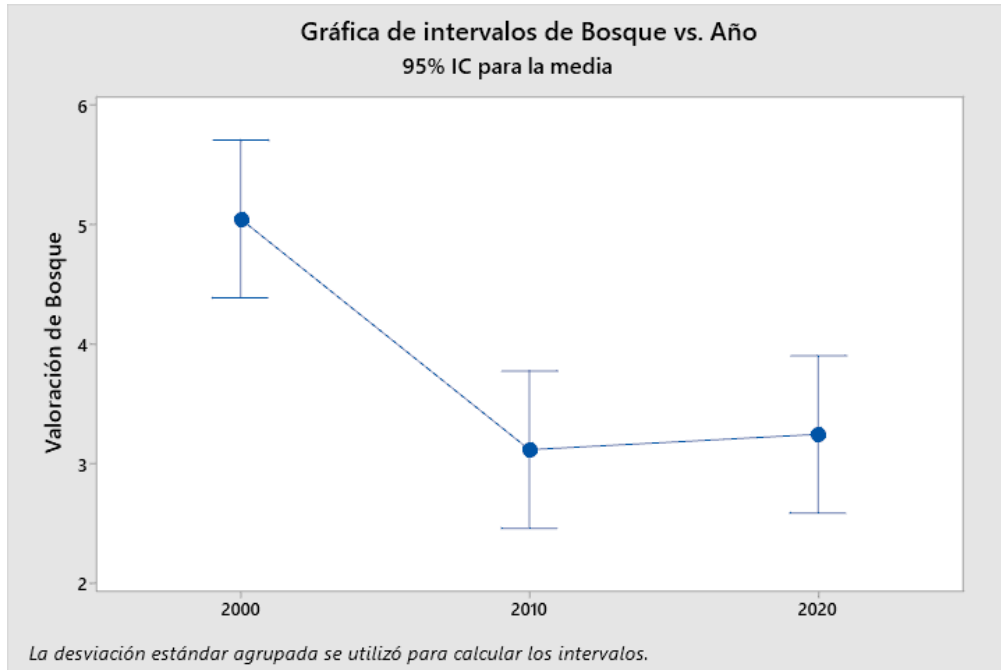
**Tabla 46 Medias del análisis del suelo descubierto**

<b>Factor</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Desv.Est.</b>	<b>IC de 95%</b>
2000	14	3,000	1,274	(2,276; 3,724)
2010	14	3,086	1,287	(2,362; 3,809)
2020	14	4,150	1,448	(3,426; 4,874)

**Fuente: Autor**

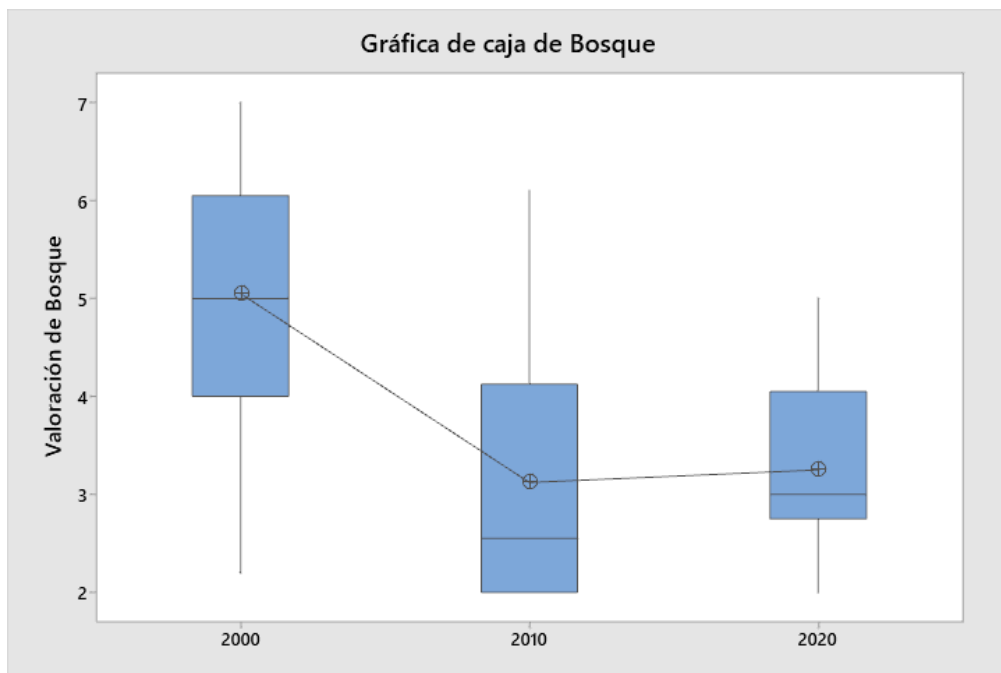
## Gráficas del análisis estadístico ANOVA

### ANEXO E Bosque



**Ilustración 45** Gráfica de valoración de intervalos de bosque

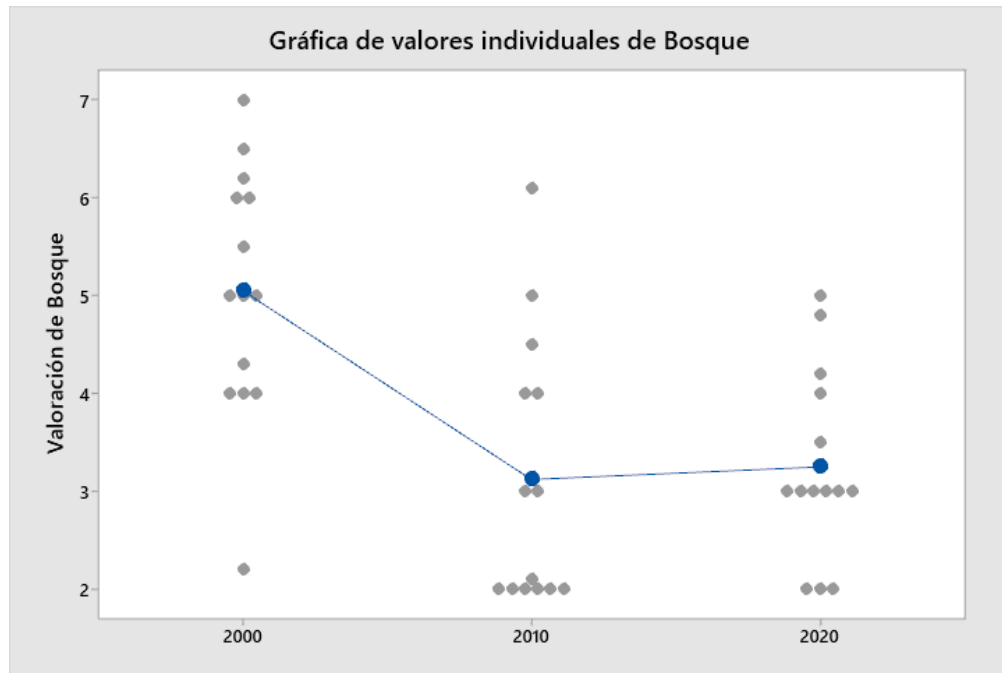
**Fuente: Autor**



**Ilustración 46** Gráfica de valoración de bosque

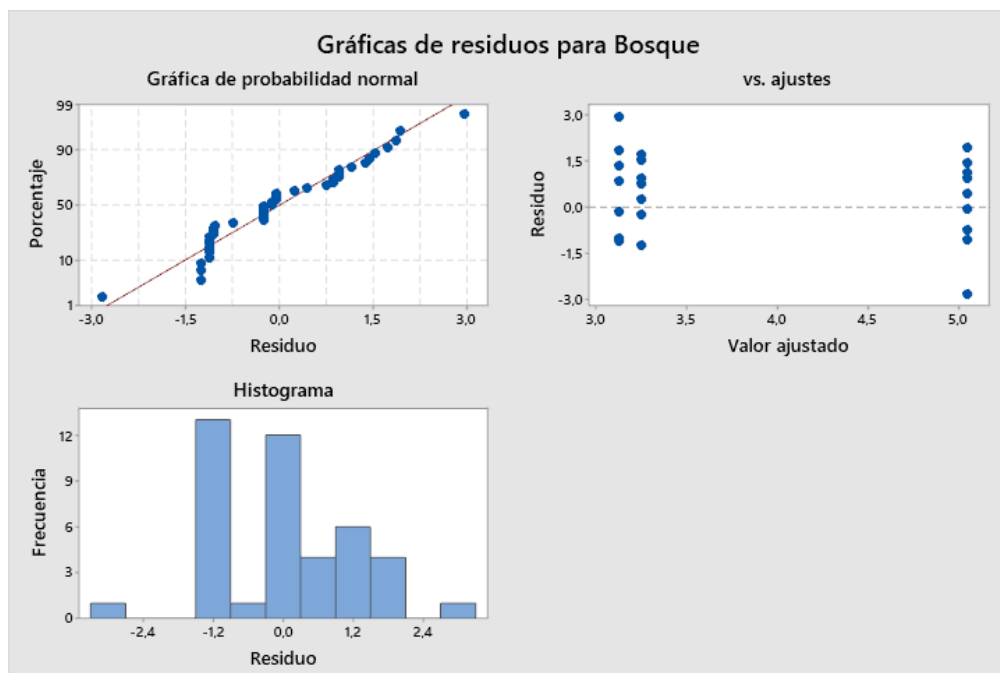
**Fuente: Autor**





**Ilustración 47** Gráfica de valores individuales de bosque

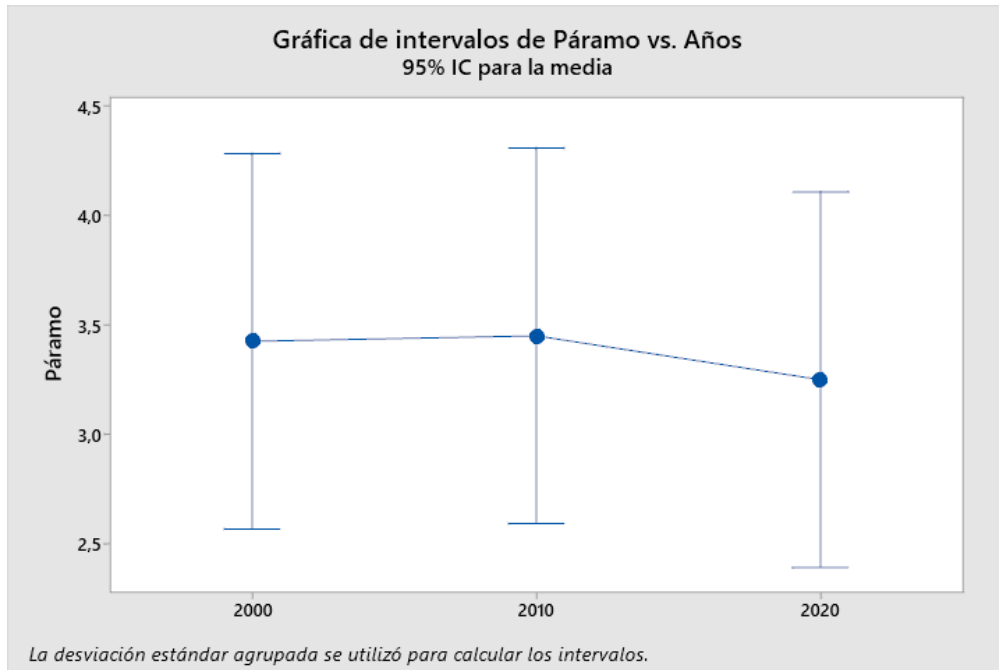
Fuente: Autor



**Ilustración 48** Gráfica de residuos bosque

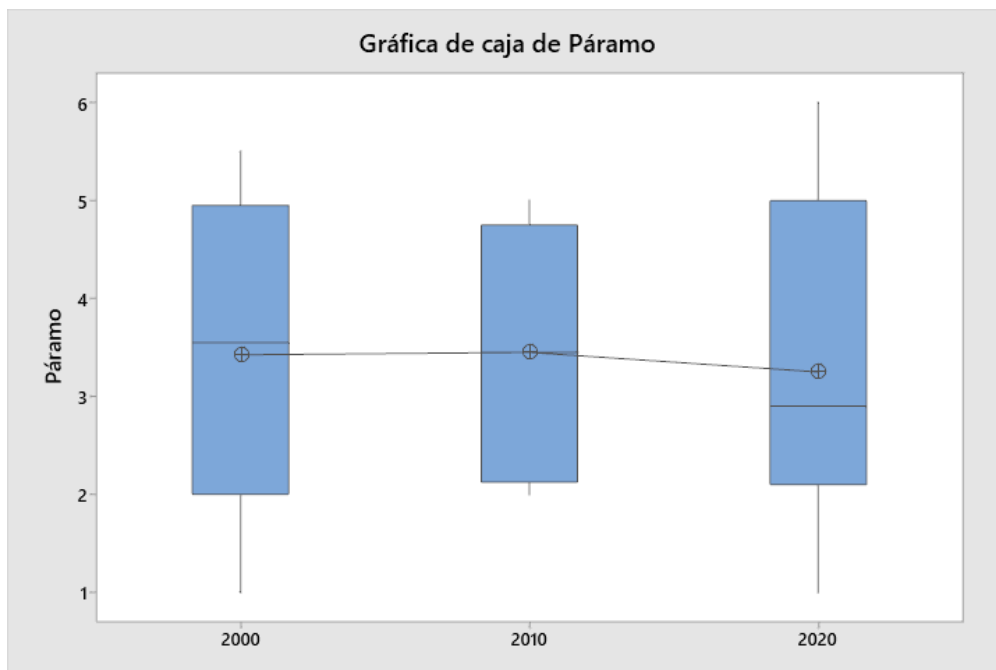
Fuente: Autor

## ANEXO F Páramo



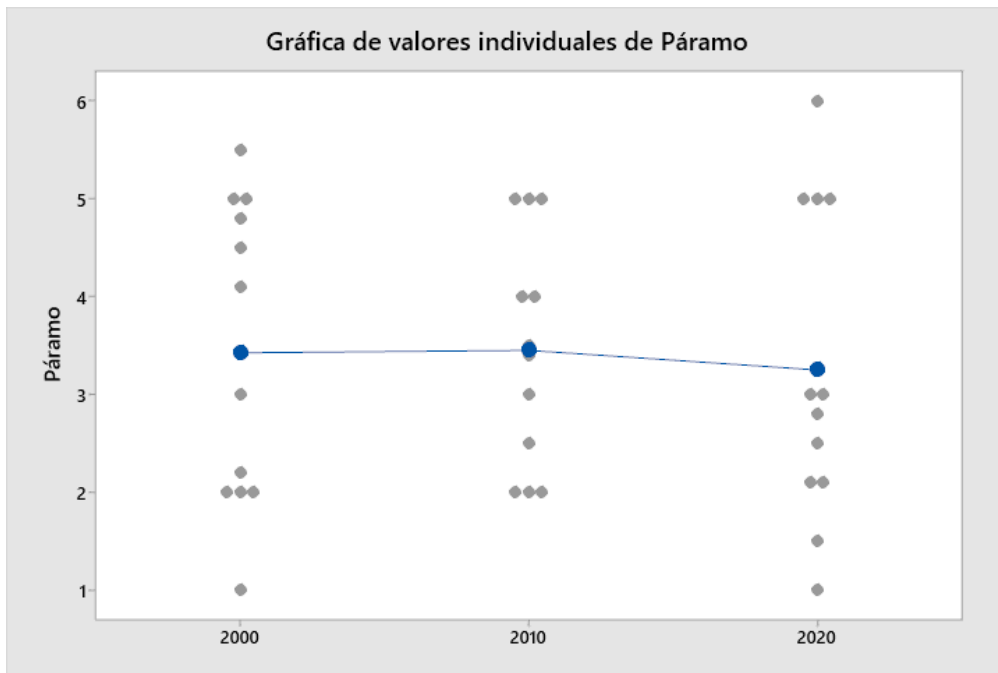
**Ilustración 49** Gráfica de intervalos del páramo

Fuente: Autor



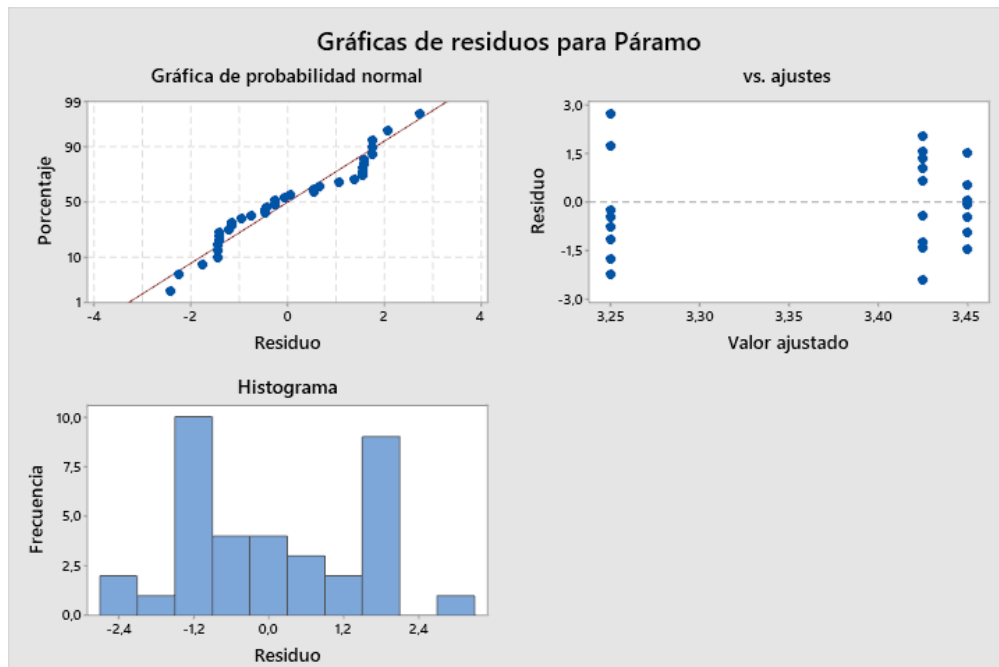
**Ilustración 50** Gráfica de valoración visual del páramo

Fuente: Autor



**Ilustración 51** Gráfica de valores individuales de páramo

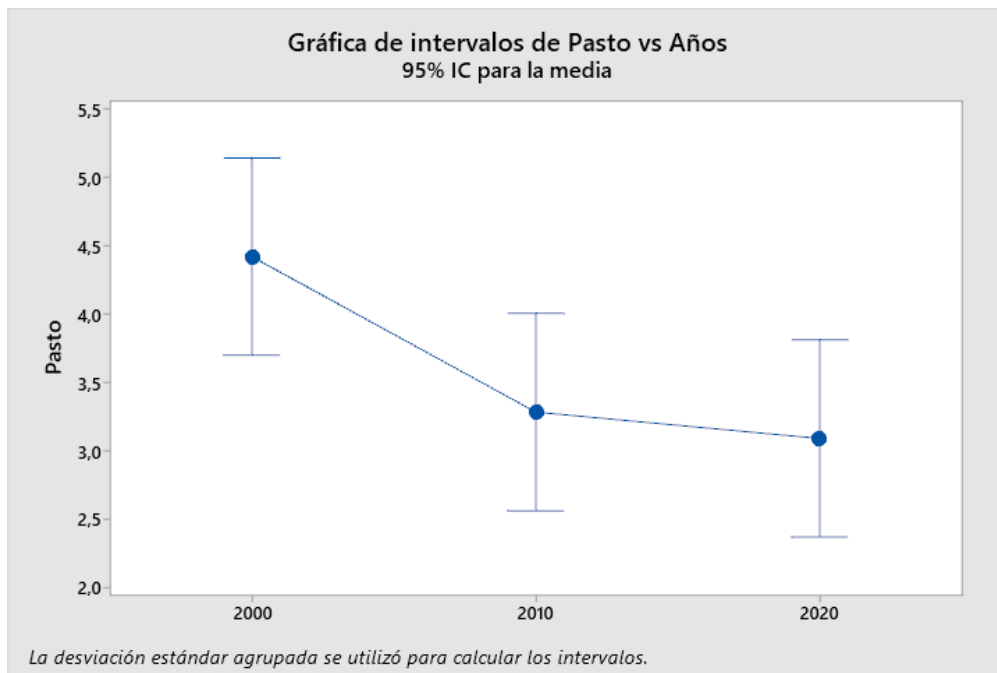
Fuente: Autor



**Ilustración 52** Gráfica de residuos del páramo

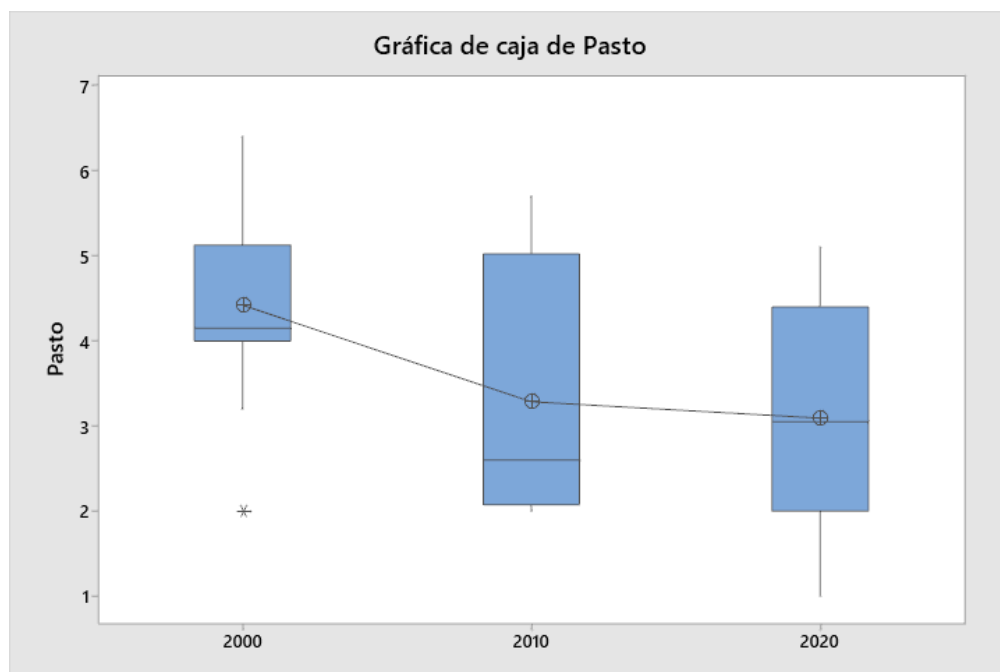
Fuente: Autor

## ANEXO G Pasto



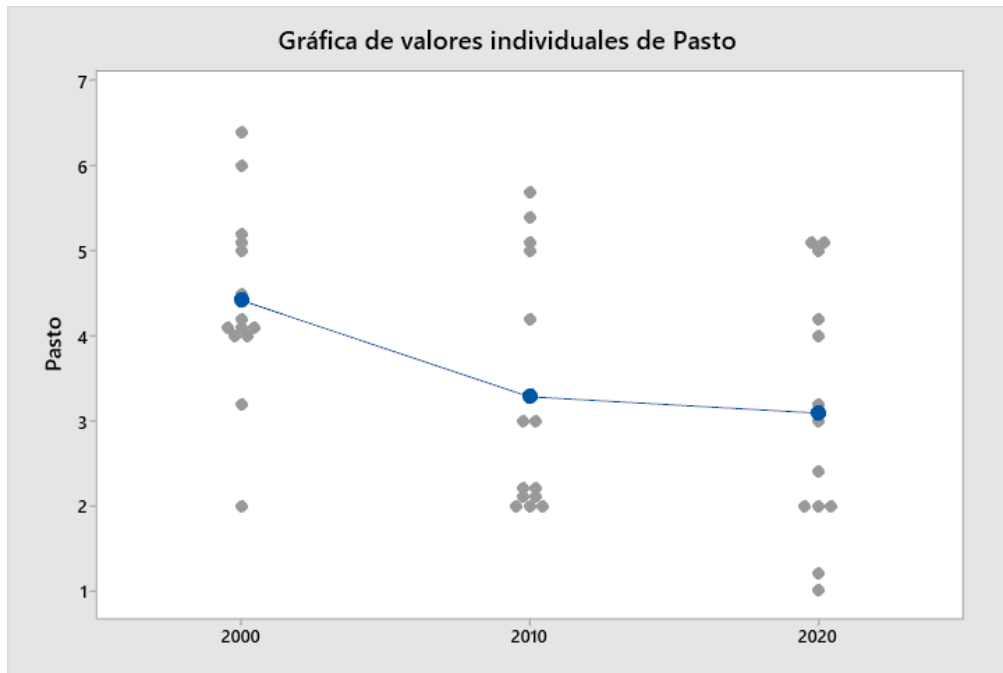
**Ilustración 53 Gráfica de intervalos visuales de pasto**

**Fuente: Autor**



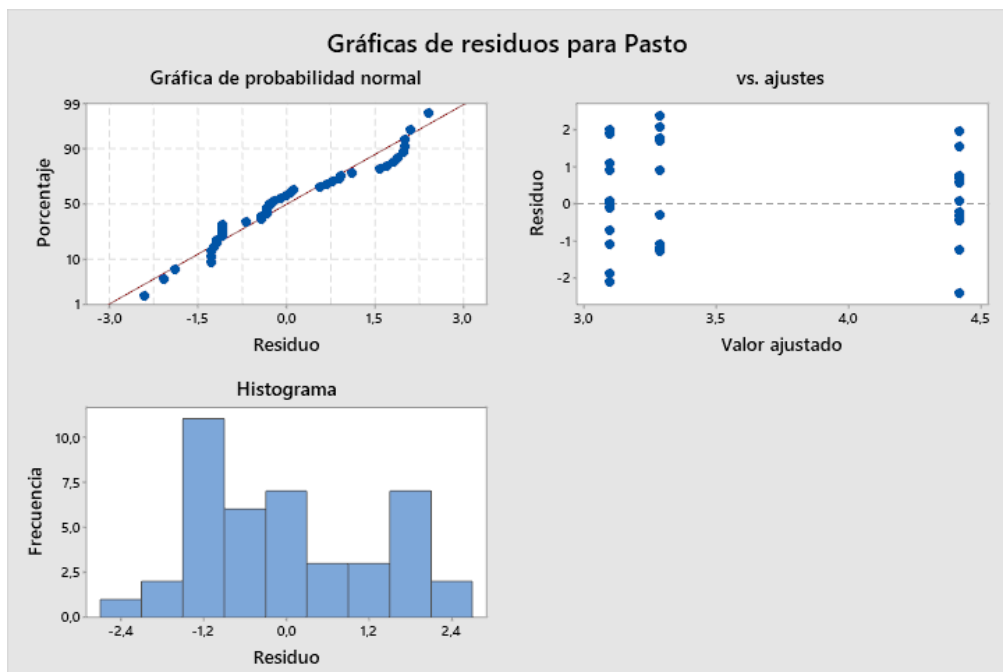
**Ilustración 54 Gráfica de caja del pasto**

**Fuente: Autor**



**Ilustración 55** Gráfica de valores individuales de pasto

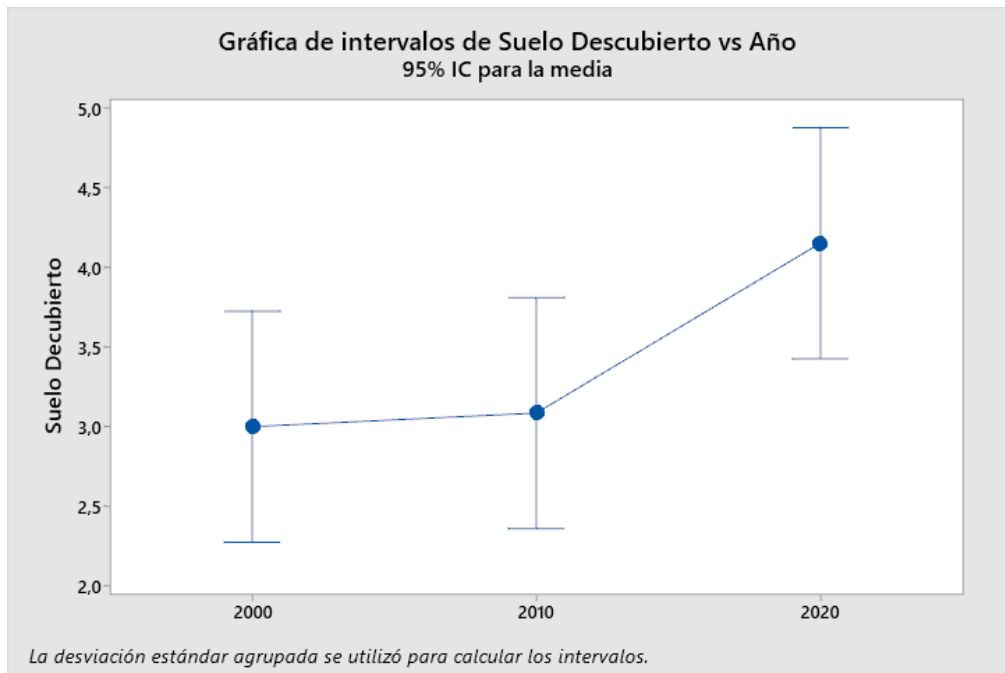
Fuente: Autor



**Ilustración 56** Gráfica de residuos del pasto

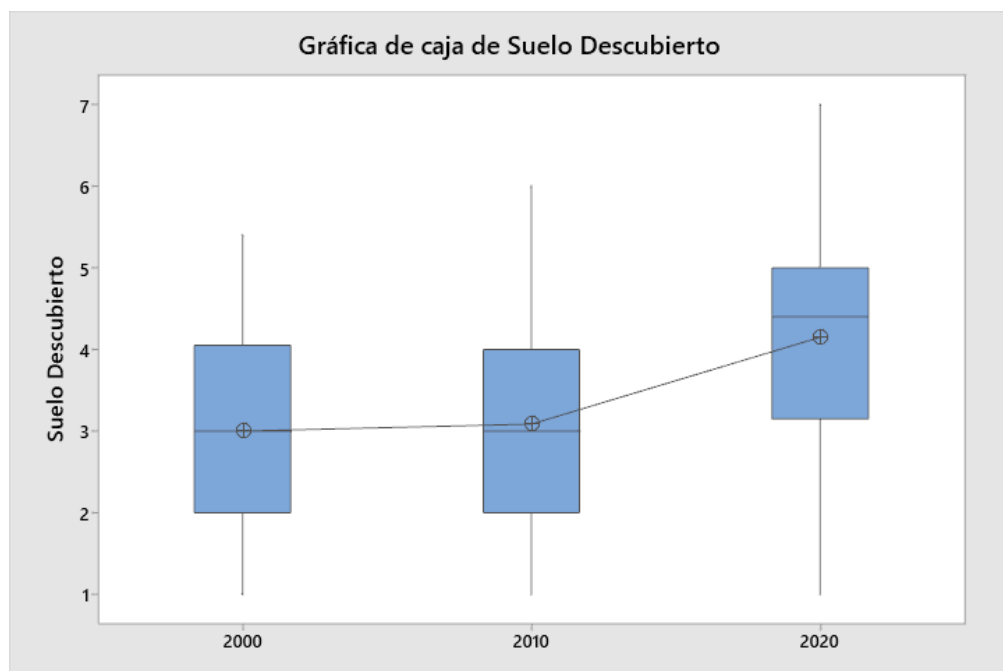
Fuente: Autor

## ANEXO H Suelo descubierto



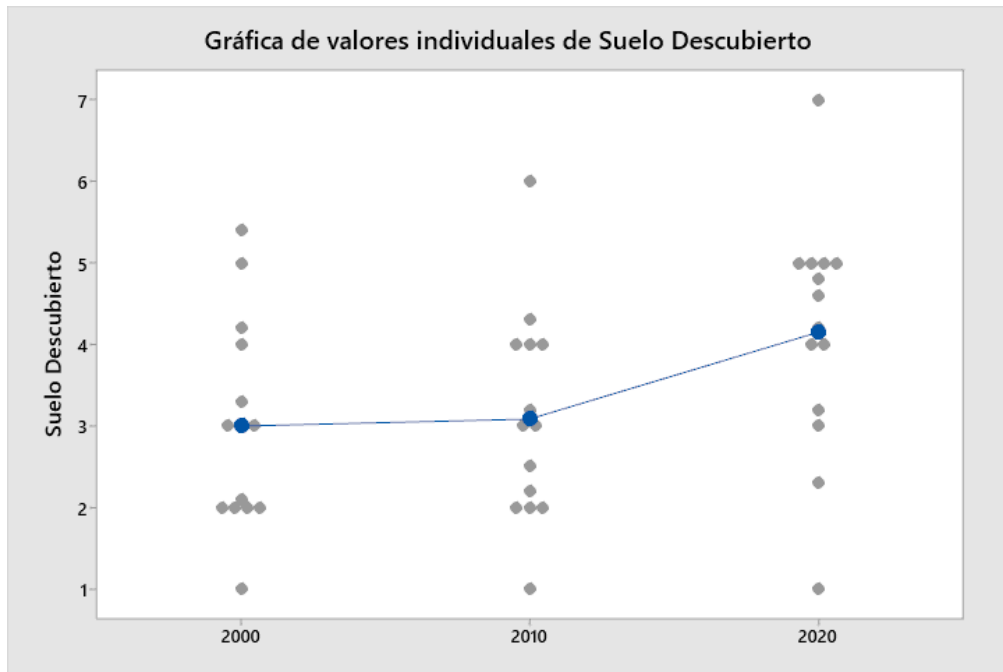
**Ilustración 57 Gráfica de intervalos del suelo descubierto**

**Fuente: Autor**



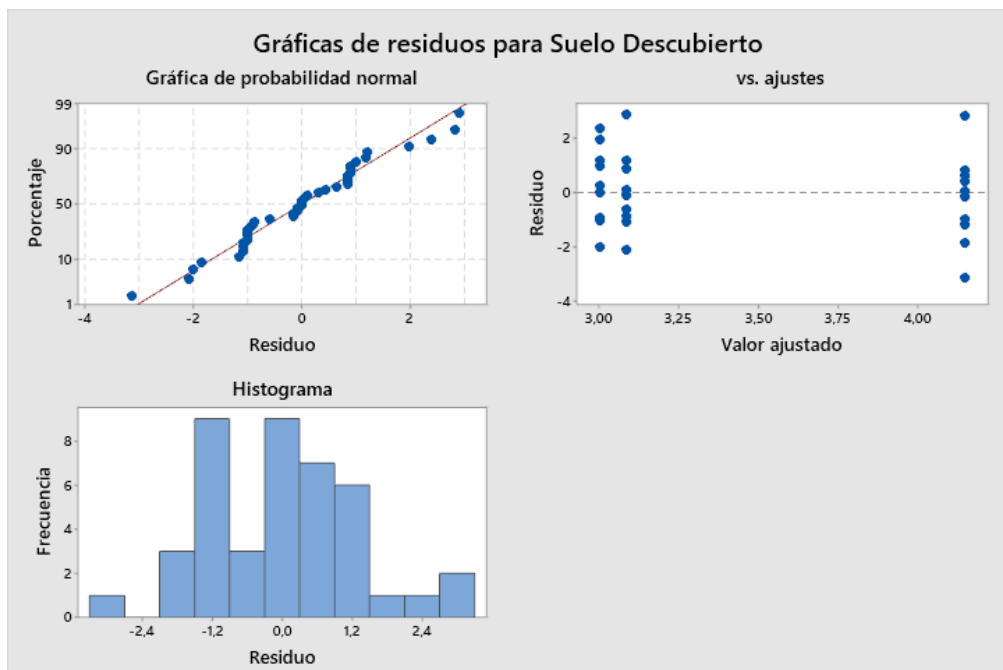
**Ilustración 58 Gráfica de caja del suelo descubierto**

**Fuente: Autor**



**Ilustración 59** Gráfica de valores individuales de suelo descubierta

Fuente: Autor



**Ilustración 60** Gráfica de residuos del suelo descubierta

Fuente: Autor