



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

“Análisis multitemporal del uso de suelo y cobertura vegetal mediante el uso de herramientas SIG aplicados a la cuenca de Chuyapi -Santa Ana - La Convención – Cusco”

Presentado por:

CHARIARSE MUÑIZ, Alessandro Danieli

CHARIARSE MUÑIZ, Piero Francoise

**Para optar el título profesional de
Ingeniero Civil**

Asesor:

SALAS FORTON, Edson

CUSCO – PERÚ

2021



Dedicatoria

A Dios, por guiarme en cada paso que doy,
brindándome salud, fuerza y la vida diaria para
seguir cumpliendo mis sueños.

A mis padres, Oscar Chariarse Concha y
Veronika Muñiz Echegaray, por brindarme
siempre su apoyo y amor incondicional, por ser
el máximo ejemplo en mi vida, por guiarme

.

A mí querida hija, Tiziana Alessandra Chariarse
Castro, la razón e inspiración a superarme en mi
vida, alcanzar mis objetivos y poder ser un
ejemplo para ella.

Y a Alessandro, mi hermano con quien logré
alcanzar esta meta muy importante, a quien le
deseo siempre lo mejor en la vida.

Piero Francoise Chariarse Muñiz



Agradecimiento

Agradecemos a Dios, a nuestros padres Oscar y Veronika el apoyo, la fortaleza, el respaldo por todos los días y noches que nos dedicaron por el bienestar de nuestro desarrollo.

Al Ing. Edson Forton Salas, nuestro asesor, por todo el permanente apoyo en la culminación de nuestra tesis.

Agradecemos a nuestra casa de estudios, la Universidad Andina del Cusco, especialmente a la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, a los Señores Docentes, quienes contribuyeron con nuestra formación profesional.



Resumen

La presente tesis permitió obtener información cuantitativa y cualitativa del entorno geográfico de la cuenca de Chuyapi, comportamiento biofísico, como también nos permitió evaluar el cambio de uso de suelo y cobertura vegetal a lo largo de 24 años mediante el uso de imágenes satelitales, encontrando la variación del coeficiente de escorrentía para plantear un adecuado diseño, planificación y gestión del recurso hídrico. Como primer objetivo fue determinar las características biofísicas de la cuenca Chuyapi, identificándose como una cuenca joven con gran descarga de flujo, con una curva hipsométrica de pendiente alta, demostrando una susceptibilidad de erosión en el suelo aledaño al río y también la capacidad de uso mayor CUM según la pendiente permitió determinar que el área máxima es de un 51.29 % en la cuenca esta pertenece a un uso de producción forestal y el mínimo de área es de un 1.04 % a un uso de cultivos en limpio.

Como segundo objetivo fue determinar los cambios de cobertura vegetal presentados en la cuenca Chuyapi entre los años 1992 y 2015; encontrando así que, la mayor variación de unidad de cobertura fue Mosaico de tierras de cultivo (>50 %) / vegetación natural (árbol, arbusto, cobertura herbácea) (<50 %) que tiene una variación de 1.89 km² que equivale en porcentaje a 45.65 % con una tendencia negativa, la menor variación de unidad de cobertura vegetal fue Mosaico vegetación natural (árbol, arbusto, cubierta herbácea) (> 50 %) / tierras de cultivo (<50 %) tiene una variación de 0.45 km² que equivale en porcentaje a 11.36 % con tendencia positiva. En cuanto al coeficiente de escorrentía encontrada en la cuenca para la unidad de cobertura vegetal, la mínima es de 0.3469 en el año 2015 y el máximo encontrado es de 0.3560 en el año 1992.

Y por último objetivo fue determinar los cambios de uso de suelo presentado en la cuenca Chuyapi en entre los años 1992 y 2015; encontrando así que, la mayor variación de la unidad de uso de suelo fue Mosaico cubierta herbácea (>50 %) / árbol y arbusto (<50 %) que presenta una variación de 0.81km² y esta equivale a un 81.00 % de área de la cuenca y presenta un tendencia positiva, la menor variación de la unidad de uso de suelo fue Tierras de cultivo, de secano tiene una variación de 0.09 km² que equivale en porcentaje a un 4.76 % con tendencia negativa. En cuanto a la escorrentía encontrada por la unidad de uso de suelo, el coeficiente de escorrentía mínimo es de 0.3142 en el año 1992 y el máximo es de 0.4610 en el año 2015.

Palabras clave: Biofísico, Multitemporal, Cobertura Vegetal, Usos del suelo, SIG, Coeficiente de escorrentía.



Abstract

This thesis allowed us to obtain quantitative and qualitative information on the geographical environment of the Chuyapi basin, biophysical behavior, as well as the change in land use and vegetation cover over 24 years through the use of satellite images, finding the variation of the runoff coefficient to propose an adequate design, planning and management of the water resource. The first objective was to determine the biophysical characteristics of the Chuyapi basin, identifying it as a young basin with a large flow discharge, with a high slope hypsometric curve, demonstrating a susceptibility to erosion in the soil surrounding the river and also the greater use capacity CUM according to the slope allowed to determine that the maximum area is 51.29 % in the basin, this belongs to a use of forestry production and the minimum area is 1.04 % to a use of clean crops.

The second objective was to determine the changes in vegetation cover presented in the Chuyapi basin between the years 1992 and 2015; thus finding that the greatest variation in unit of coverage was Mosaic of cropland (>50 %) / natural vegetation (tree, shrub, herbaceous cover) (<50 %) which has a variation of 1.89 km² which is equivalent in percentage to 45.65 % with a negative trend, the smallest variation of the plant cover unit was Mosaic natural vegetation (tree, shrub, herbaceous cover) (>50 %) / farmland (<50%) has a variation of 0.45 km² which is equivalent to percentage to 11.36 % positive trend. As for the runoff coefficient found in the basin for the plant cover unit, the minimum is 0.3469 in 2015 and the maximum found is 0.3560 in 1992.

And finally, the objective was to determine the changes in land use presented in the Chuyapi basin between the years 1992 and 2015; thus finding that the greatest variation of the land use unit was Mosaic herbaceous cover (>50 %) / tree and shrub (<50 %) that presents a variation of 0.81 km² and this is equivalent to 81.00 % of the area of the basin and presents a positive trend, the smallest variation of the land use unit was Cropland, rainfed has a variation of 0.09 km² which is equivalent in percentage to a 4.76 % negative trend. Regarding the runoff found by the land use unit, the minimum runoff coefficient is 0.3142 in 1992 and the maximum is 0.4610 in 2015.

Keywords: Biophysical, Multitemporal, Vegetation Cover, Land use, GIS, Runoff coefficient.



Introducción

La presente tesis permitió obtener información cuantitativa y cualitativa del entorno geográfico de la cuenca de Chuyapi, una cuenca que abastece de agua para consumo humano a la ciudad de Quillabamba en un 85% de la demanda, como también para uso de riego y en menor proporción al sector de minería; la importancia de esta tesis es entender el comportamiento biofísico y su comportamiento hidráulico ya que se tiene escasa información sobre dicha cuenca, lo que conlleva a deficiencias en el manejo del recurso hídrico. Asimismo, este estudio nos permitió evaluar el cambio de uso de suelo y cobertura vegetal durante 24 años mediante el uso de imágenes satelitales con la metodología de Land Cover (Cobertura de Suelo) permitiéndonos determinar las consecuencias generadas en el cambio principalmente por acciones antropomórficas desarrolladas a lo largo y ancho de la cuenca, a través de un análisis espacial georreferenciado para posteriormente plantear una apropiada planificación, prevención de desastres naturales y manejo del recurso hídrico.

La presente tesis se desarrolló encontrando el problema, dándonos un objetivo y planteando hipótesis luego se corroboró, dividiéndose en dos etapas, siendo la primera etapa el trabajo desarrollado en campo con la recolección de información base, posteriormente el cálculo de los parámetros biofísicos de la cuenca mediante el software Arcgis y en la segunda fase se realizó el análisis multitemporal del uso de suelo y cobertura vegetal, para ambos casos se utilizó las herramientas SIG. Posteriormente a estas dos fases, analizamos la información obtenida para luego concluir con cuadro de características biofísicas, variación de coeficiente de escorrentía, tendencia de cambio de cobertura dentro de los años de estudios y mapas temáticos.



Índice

Dedicatoria	i
Agradecimientos	ii
Resumen	iii
Abstract	iv
Introducción	v
Capítulo I: Planteamiento del Problema	1
1.1. Identificación del Problema.....	1
1.1.1. Descripción del Problema	1
1.1.1.1. Delimitación espacial.....	2
1.1.1.2. Delimitación temporal.	2
1.1.2. Formulación interrogativa del problema	4
1.1.2.1. Formulación interrogativa del problema general.....	4
1.1.2.2. Formulación interrogativa de los problemas específicos	4
1.2. Justificación e Importancia de la investigación	4
1.2.1. Justificación Técnica	4
1.2.2. Justificación Social	5
1.2.3. Justificación por viabilidad.....	5
1.2.4. Justificación por relevancia	5
1.3. Limitaciones	6
1.4. Objetivos	6
1.4.1. Objetivo general	6
1.4.2. Objetivos específicos	6
Capítulo II: Marco Teórico	7
2.1. Antecedentes de la tesis	7
2.1.1. Antecedentes a nivel nacional	7
2.1.2. Antecedentes a nivel internacional	8
2.2. Aspectos teóricos pertinentes	10
2.2.1. Cuenca hídrica	10
2.2.2. Tipos de cuenca	10
2.2.3. Sub Cuenca	10
2.2.4. Sistemas de información geográfica (SIG)	11
2.2.5. Los SIG en la evaluación física de las cuencas hidrográficas	11
2.2.6. Análisis Biofísicos	12



2.2.7. Importancia del estudio Biofísicos de las cuencas hidrográficas	12
2.2.8. Parámetros Biofísicos	12
2.2.8.1. Parámetros asociados a la forma de la cuenca	12
2.2.8.1.1. Parámetros asociados de la escala de la cuenca	13
2.2.8.1.2. Parámetros asociados a la forma de la cuenca	13
2.2.8.1.3. Parámetros asociados al drenaje de la cuenca	14
2.2.9. Procesamiento digital de imágenes	15
2.2.10. Análisis multitemporal	16
2.2.11. Análisis multitemporales de cambio de uso de suelos	16
2.2.12. Los sistemas de información geográfica (SIG)	16
2.2.13. Capacidad de uso mayor	17
2.2.13.1. Categorías	17
2.2.13.1.1. Grupo de capacidad de uso mayor de tierras	17
a. Tierras aptas para cultivo en limpio (Símbolo A)	17
b. Tierras aptas para cultivos permanentes (Símbolo C)	18
c. Tierras aptas para pastos (Símbolo P)	18
d. Tierras aptas para producción forestal (Símbolo F)	18
e. Tierras de protección (Símbolo X)	19
2.2.13.1.2. Clases de capacidad de uso mayor de las tierras	19
a. Clases de tierras aptas para cultivos en limpio (Símbolo A)	20
b. Clases de tierras aptas para cultivos permanentes (Símbolo C)	21
c. Clases de tierras aptas para pastos (Símbolo P)	22
d. Clases de Tierras Aptas para Producción Forestal (Símbolo F)	23
e. Clases de Tierras de Protección (Símbolo X)	23
2.2.13.3. Subclase de capacidad de uso mayor	24
2.2.13.4. Limitaciones.	24
2.2.13.4.1. Limitación por suelo (Símbolo "s")	24
2.2.13.4.2. Limitación por sales (Símbolo "1")	25
2.2.13.4.3. Limitación por topografía riesgo de epo (Símbolo "e")	25
2.2.13.4.4. Limitación por Drenaje (Símbolo w)	26
2.2.13.4.5. Limitación por riesgo de inundación de anegamiento (Símbolo "i")	26
2.2.13.4.6. Limitación por clima (Símbolo "c")	26
2.2.13.5. Fases por Pendiente	27
2.2.13.6. Clasificación de tierras por su capacidad de uso mayor	27



2.2.14. Coeficiente de escorrentía.....	28
2.3. Hipótesis	28
2.3.1. Hipótesis General	28
2.3.2. Sub hipótesis	28
2.4. Definición de Variables	29
2.4.1. Variables Independientes	29
2.4.2. Variables Dependientes	30
2.4.3. Cuadro de operacionalización de variables	31
Capítulo III: Metodología	32
3.1. Metodología de la Investigación	32
3.1.1. Tipo de la investigación	32
3.1.2. Nivel o alcance de la investigación	32
3.1.3. Método de investigación	33
3.2. Diseño de la Investigación	33
3.2.1. Diseño metodológico	33
3.2.2. Diseño de ingeniería	33
3.3. Población y Muestra	35
3.3.1. Población	35
3.3.1.1. Descripción de la población	35
3.3.1.2. Cuantificación de la población	36
3.3.2. Muestra	36
3.3.2.1. Descripción de la muestra	36
3.3.2.2. Cuantificación de la muestra	37
3.3.2.3. Método de muestreo	37
3.3.2.4. Criterios de evaluación de muestra	37
3.3.3. Criterios de inclusión	37
3.3.3.1. Criterio geográfico	37
3.3.3.2. Criterio de época.	38
3.3.3.3. Criterio de Software	38
3.4. Instrumentos	38
3.4.1. Instrumentos Metodológicos o Instrumentos de Recolección de Datos	38
3.4.2. Instrumentos de Ingeniería	40
3.4.2.2. Software de ingeniería.	40



3.5. Procedimiento de Recolección de Datos	40
3.5.1. Procedimiento metodológico para el análisis biofísico de la cuenca de Chuyapi.	40
3.5.1.1. Gestión de archivos de trabajo	40
3.5.1.2. Procedimiento de obtención del DEM.	41
3.5.1.3. Delimitación de las cuencas	45
3.5.1.4. Delimitación de la cuenca de Chuyapi	49
3.5.1.5. Hallando área y perímetro de la cuenca.	51
3.5.1.6. Hallando cota máxima, cota mínima, cota de salida, diferencia entre cotas, centroides x & centroide y de la cuenca Chuyapi.	51
3.5.1.7. Río principal, longitud y perfil.	53
3.5.1.8. Longitud de red hídrica, densidad de drenaje, densidad de corriente y longitud de la cuenca.	55
3.5.1.9. Generación de la red hídrica y longitud de órdenes.	57
3.5.1.10. Pendiente promedio de la cuenca y curva hipsométrica de la cuenca. ..	62
3.5.1.11. Pendiente Promedio del río principal, Pendiente Promedio de red hídrica, Coeficiente de Gravelius y Coeficiente de Elongación de la cuenca Chuyapi. .65	
3.5.1.12. Índice de Densidad Lacustre de la cuenca.	68
3.5.2. Procedimiento metodológico para el análisis multitemporal de la cuenca de Chuyapi.	73
3.5.2.1. Gestión de archivos de trabajo	73
3.5.2.2. Obtención de imágenes satelitales.	74
3.5.2.3. Procesamiento previo de imágenes.	76
3.5.2.4. Composiciones de bandas satelitales para análisis multitemporal.	77
3.5.2.5. Corte de imágenes ráster por vector límite de cuenca.	78
3.5.2.6. Clasificación supervisada de imágenes.	83
Capítulo IV: Resultados	131
4.1. Caracterización biofísica	131
4.2. Análisis multitemporal de la cuenca	138



Capítulo V: Discusión	145
Conclusiones	147
Recomendaciones	149
Referencias	151
Glosario	154
Anexos	156



Índice de tablas

Tabla 1: Ubicación de la Cuenca Chuyapi	2
Tabla 2: Fases por pendiente CUM	27
Tabla 3: Clasificación de tierras por su capacidad de uso mayor	27
Tabla 4: Características del Área de influencia	37
Tabla 5: Curva Hipsométrica.....	64
Tabla 6: Índices biofísicos de la cuenca de Chuyapi.....	69
Tabla 7: Estimación de coeficiente de escorrentía del año 1992.....	100
Tabla 8: Estimación del coeficiente de escorrentía del año 1993.....	101
Tabla 9: Estimación del coeficiente de escorrentía del año 1994.....	102
Tabla 10: Estimación del coeficiente de escorrentía de la cuenca del Chuyapi del año 1995.....	103
Tabla 11: Estimación del coeficiente de escorrentía de la cuenca del Chuyapi del año 1996.....	105
Tabla 12: Estimación del coeficiente de escorrentía de la cuenca del Chuyapi del año 1997.....	106
Tabla 13: Estimación del coeficiente de escorrentía de la cuenca del Chuyapi del año 1998.....	107
Tabla 14: Estimación del coeficiente de escorrentía de la cuenca del Chuyapi del año 1999.....	109
Tabla 15: Estimación del coeficiente de escorrentía de la cuenca del Chuyapi del año 2000.....	110
Tabla 16: Estimación del coeficiente de escorrentía de la cuenca del Chuyapi del año 2001.....	111
Tabla 17: Estimación del coeficiente de escorrentía de la cuenca del Chuyapi del año 2002.....	112
Tabla 18: Estimación del coeficiente de escorrentía de la cuenca del Chuyapi del año 2003.....	114
Tabla 19: Estimación del coeficiente de escorrentía de la cuenca del Chuyapi del año 2004.....	115
Tabla 20: Estimación del coeficiente de escorrentía de la cuenca del Chuyapi del año 2005.....	116
Tabla 21: Estimación del coeficiente de escorrentía de la cuenca del Chuyapi del año 2006.....	117
Tabla 22: Estimación del coeficiente de escorrentía de la cuenca del Chuyapi.....	119
Tabla 23: Estimación del coeficiente de escorrentía de la cuenca del Chuyapi.....	120
Tabla 24: Estimación del coeficiente de escorrentía de la cuenca del Chuyapi.....	121
Tabla 25: Estimación del coeficiente de escorrentía de la cuenca del Chuyapi 2010.....	122
Tabla 26: Estimación del coeficiente de escorrentía de la cuenca del Chuyapi 2011.....	124
Tabla 27: Estimación del coeficiente de escorrentía de la cuenca del Chuyapi 2012.....	125
Tabla 28: Estimación del coeficiente de escorrentía de la cuenca del Chuyapi del año 2013.....	126
Tabla 29: Estimación del coeficiente de escorrentía de la cuenca del Chuyapi del año 2014.....	127
Tabla 30: Estimación del coeficiente de escorrentía de la cuenca del Chuyapi del año 2015.....	129
Tabla 31: Índices biofísicos de la cuenca de Chuyapi.....	131
Tabla 32: Clasificación de CUM.....	136
Tabla 33: Datos estadísticos consolidado según tipo de clasificación por años.....	138



Tabla 34: Coeficientes de escorrentía de la cuenca por años obtenidos a partir del análisis multitemporal 140

Tabla 35: Tabla Atributos de las unidades de Coberturas en la cuenca 144

Índice de figuras

Figura 1: Ubicación de la cuenca del Chuyapi 3

Figura 2: Diseño de Ingeniería 34

Figura 3: Unidades Hidrográficas del Perú 36

Figura 4: Ficha de Observación..... 39

Figura 5: Diagrama de la estructura y gestión de archivos 41

Figura 6: Extracción de la cuenca Huacayoc_chuyapi.shp,..... 42

Figura 7: Área de influencia de la cuenca 42

Figura 8: Delimitación de Área de influencia de la cuenca 43

Figura 9: Corte del Área de influencia de la cuenca..... 43

Figura 10: TIN del Área de influencia..... 44

Figura 11: Conversión de TIN a Raster del Área de influencia de la cuenca 44

Figura 12: Análisis Espacial del Ráster 45

Figura 13: Análisis del DEM del flujo 45

Figura 14: Conversión del DEM al Ráster 46

Figura 15: Análisis de Obtención del centroide del Área de influencia 46

Figura 16: Conversión de ráster a shapefile 47

Figura 17: Puntos de descarga del área de influencia..... 47

Figura 18: Determinación de las cuencas hidrográficas dentro del área de influencia 48

Figura 19: Transformación de ráster a shapefile 48

Figura 20: Punto de descarga de la cuenca del Chuyapi..... 49

Figura 21: Identificación en formato ráster 50

Figura 22: Transformación de ráster a shapefile de la cuenca 50

Figura 23: Procesamiento de la información en DEM 51

Figura 24: Centroides de la cuenca Chuyapi..... 53

Figura 25: Río principal..... 54

Figura 26: Perfil del río longitudinal 55

Figura 27: Densidad de Drenaje de la cuenca 55

Figura 28: Longitud de ríos de la cuenca..... 56

Figura 29: Longitud de la cuenca 57

Figura 30: ráster de la red de drenaje 58

Figura 31: Stream 7000 y el ráster de acumulación..... 58

Figura 32: Red de drenaje en la cuenca y en el área de influencia 59

Figura 33: Corte de la red de drenaje 59



Figura 34: 1 Orden de ríos en la cuenca	60
Figura 35: 2 Orden de ríos en la cuenca	60
Figura 36: 3 Orden de ríos en la cuenca	61
Figura 37: 4 Orden de ríos en la cuenca	61
Figura 38: Altitudes de la cuenca	62
Figura 39: Pendiente de la cuenca	63
Figura 40: Relación de alturas y áreas para la curva hipsométrica	63
Figura 41: Datos de curva hipsométrica	64
Figura 42: Procesamiento de data del ArcGis	64
Figura 43: Curva Hipsométrica	65
Figura 44: Rio principal de la cuenca	66
Figura 45: Pendiente del rio principal	66
Figura 46: Red de Drenaje de la Cuenca	67
Figura 47: Pendiente de la red de drenaje.....	67
Figura 48: Área de la cuenca	68
Figura 49: Densidad de lacustre de la cuenca.....	68
Figura 50: Estructura de organización de archivos.....	74
Figura 51: PORTAL USGS – PROYECTO LAND SAT.	75
Figura 52: PORTAL ESA – ESA LAND COVER.....	76
Figura 53: Imagen de satelital del Área de influencia	77
Figura 54: Procesamiento de imagen satelital	77
Figura 55: Procesamiento de Bandas de la imagen satelital.....	78
Figura 56: Imagen satelital cuenca de Chuyapi combinación de bandas 3,2,1.....	79
Figura 57: Imagen satelital cuenca de Chuyapi combinación de bandas 4,3,2.....	79
Figura 58: Imagen satelital cuenca de Chuyapi combinación de bandas 5,3,1.....	79
Figura 59: Imagen satelital cuenca de Chuyapi combinación de bandas 5,4,1.....	80
Figura 60: Imagen satelital cuenca de Chuyapi combinación de bandas 5,4,3.....	80
Figura 61: Imagen satelital cuenca de Chuyapi combinación de bandas 7,4,2.....	80
Figura 62: Imagen satelital cuenca de Chuyapi combinación de bandas 4,3,2.....	81
Figura 63: Imagen satelital cuenca de Chuyapi combinación de bandas 5,4,3.....	81
Figura 64: Imagen satelital cuenca de Chuyapi combinación de bandas 5,6,2.....	81
Figura 65: Imagen satelital cuenca de Chuyapi combinación de bandas 6,5,2.....	82
Figura 66: Imagen satelital cuenca de Chuyapi combinación de bandas 6,5,4.....	82
Figura 67: Imagen satelital cuenca de Chuyapi combinación de bandas 7,6,4.....	83
Figura 68: Carga de la imagen dentro del ArcGIS	83
Figura 69: Creación de capa de puntos (VECTOR).....	84
Figura 70: Creación de atributos respecto a las unidades de cobertura	84
Figura 71: Puntos de control.....	85
Figura 72: Configuración para el análisis de las unidades de cobertura.....	85
Figura 73: Clasificación según su unidad de cobertura	86



Figura 74: Clasificación según su unidad de cobertura	86
Figura 75: Configuración de escalas cromáticas para visualización de resultados.....	86
Figura 76: Imagen procesada de la cuenca	87
Figura 77: Configuración para visualización de resultados.....	87
Figura 78: Configuración para visualización de resultados.....	87
Figura 79: Configuración de ráster.....	88
Figura 80: Tabla de unidades de coberturas	88
Figura 81: Configuración para la limpieza de defectos	89
Figura 82: Resultado de limpieza de defectos	89
Figura 83: Tabla de configuración de eliminación de polígonos.....	90
Figura 84: Configuración de visualización de eliminación de polígonos.....	90
Figura 85: Resultado de mapa libre de polígonos	90
Figura 86: Configuración de visualización de polígono.....	91
Figura 87: Configuración de la visualización.....	91
Figura 88: Resultado del análisis.....	91
Figura 89: Creación de tabla de atributo	92
Figura 90: Visualización final de resultado	92
Figura 91: Tendencias de tierras de cultivo de secano	93
Figura 92: Tendencia de cubierta herbácea	94
Figura 93: Tendencia de Mosaico de Tierras de Cultivo (>50%).....	94
Figura 94: Tendencia de Mosaico de Vegetación Natural.....	95
Figura 95: Tendencia de Cubierta de árbol, hoja ancha	95
Figura 96: Tendencia de Cubierta de árbol, hoja ancha estacionaria (>15%)	96
Figura 97: Tendencia de cubierta de árbol, hoja ancha estacionaria (15%-40%).....	96
Figura 98: Tendencia de árbol de mosaico y arbusto (>50%)	97
Figura 99: Tendencia de mosaico cubierta herbácea (>50%).....	97
Figura 100: Tendencia de matorrales	98
Figura 101: Tendencia de pradera	98
Figura 102: Tendencia de vegetación escasa (<15%).....	99
Figura 103: Tendencia de áreas urbanas.....	99
Figura 104: Curva Hipsométrica	136
Figura 105: Coeficiente de escorrentía de acuerdo a la cobertura vegetal de la cuenca Chuyapi del año 1992 al año 2015.....	141
Figura 106: Coeficiente de escorrentía de acuerdo al uso del suelo de la cuenca Chuyapi del año 1992 al año 2015	141
Figura 107: Coeficiente de escorrentía promedio de la cuenca entre los años 1992 al 2015.....	142
Figura 108: Regresión exponencial del coeficiente de escorrentía de acuerdo a la cobertura vegetal de la cuenca Chuyapi del año 1992 al año 2015.....	142
Figura 109: Regresión exponencial del coeficiente de escorrentía de acuerdo al uso del suelo de la cuenca Chuyapi del año 1992 al año 2015.....	143



Figura 110: Regresión exponencial del coeficiente de escorrentía promedio de la cuenca Chuyapi del año 1992 al año 2015.....	143
Figura 111: Cuadro variable interdependiente de unidad de cobertura	144
Figura 112: Recolección de puntos de afluencia para el río Poromate.....	158
Figura 113: Afluente al río San Cristóbal ojo de manante.....	158
Figura 114: Afluente al río Garabito	159
Figura 115: Punta de Carretera para el vuelo del dron Clasificación supervisada.....	159
Figura 116: Micro Hidroeléctrica en el río Chuyapi.....	160
Figura 117: Punto de control en punta de carretera Zona de Masapata.....	160



Capítulo I: Planteamiento del Problema

1.1. Identificación del Problema

1.1.1. Descripción del Problema

El desarrollo de investigaciones sobre las cuencas hidrográficas, específicamente en la cuenca de Chuyapi es muy escaso, más aún el referido a los análisis biofísicos y el análisis multitemporal de uso de suelo y la cobertura vegetal de la zona; a partir esté vacío de información técnica, no es posible elaborar los documentos de prevención de desastres, gestión y planificación en la cuenca generando conflictos sociales y económicos.

Los problemas identificados en la cuenca de Chuyapi son los siguientes: remoción indiscriminada de la cobertura vegetal, inundaciones en los lechos del río, sobreutilización de los suelos, disminución del caudal, sequías, deslizamientos de tierra, pérdida de ojos de manante, entre otros. Generando conflictos sociales en los servicios de abastecimiento de agua potable y saneamiento, contaminación de las aguas, drenaje urbano y ocupación de zonas de riesgo.

Ante estos problemas surge la necesidad de realizar este tipo de estudio que nos permitan determinar dos aspectos importantes: en primera instancia las particularidades biofísicas presentes en la cuenca de Chuyapi y con ello comprender el comportamiento morfodinámico e hidrológico, las características y elementos geométricos del sistema hídrico que son representadas por índices del movimiento hídrico y sus respuestas a la dinámica propia de la cuenca; por otro lado, se ha observado una serie de cambios que de manera gradual pero significativa ha impactado en las características del entorno de la cuenca generando con ellos las variaciones en el tipo de cobertura vegetal y el uso de suelos a lo largo de los últimos años y por ende la disponibilidad hídrica y cambios de curso de los ríos y afluentes de la cuenca, estos dos análisis son la respuesta a los problemas que se presentan en la disminución de la disponibilidad de recursos hídricos y como consecuencia el surgimiento de riesgos para la implementación de proyectos de inversión en infraestructura, productiva y social destinada a mejorar los niveles de calidad de vida de la población asentada dentro del entorno geográfico de la cuenca.



1.1.1.1. Delimitación espacial

El presente estudio se desarrolló dentro del ámbito del distrito de Santa Ana, específicamente la cuenca de Chuyapi, la matriz siguiente describe detalla su ubicación:

Tabla 1: Ubicación de la Cuenca Chuyapi

Ubicación: Cuenca de Chuyapi	
Departamento	Cusco
Provincia	La Convención
Distrito	Santa Ana
Cuenca	Chuyapi
Región Geografía	Selva
Altitud	Promedio 1238 msnm
Latitud	-12.8517
Longitud	-72.69977
Temperatura máxima (agosto)	25°C
Temperatura mínima (enero- febrero)	10°C
Temperatura promedio	17°C

Fuente: Plan de Desarrollo concertado del distrito de Santa Ana

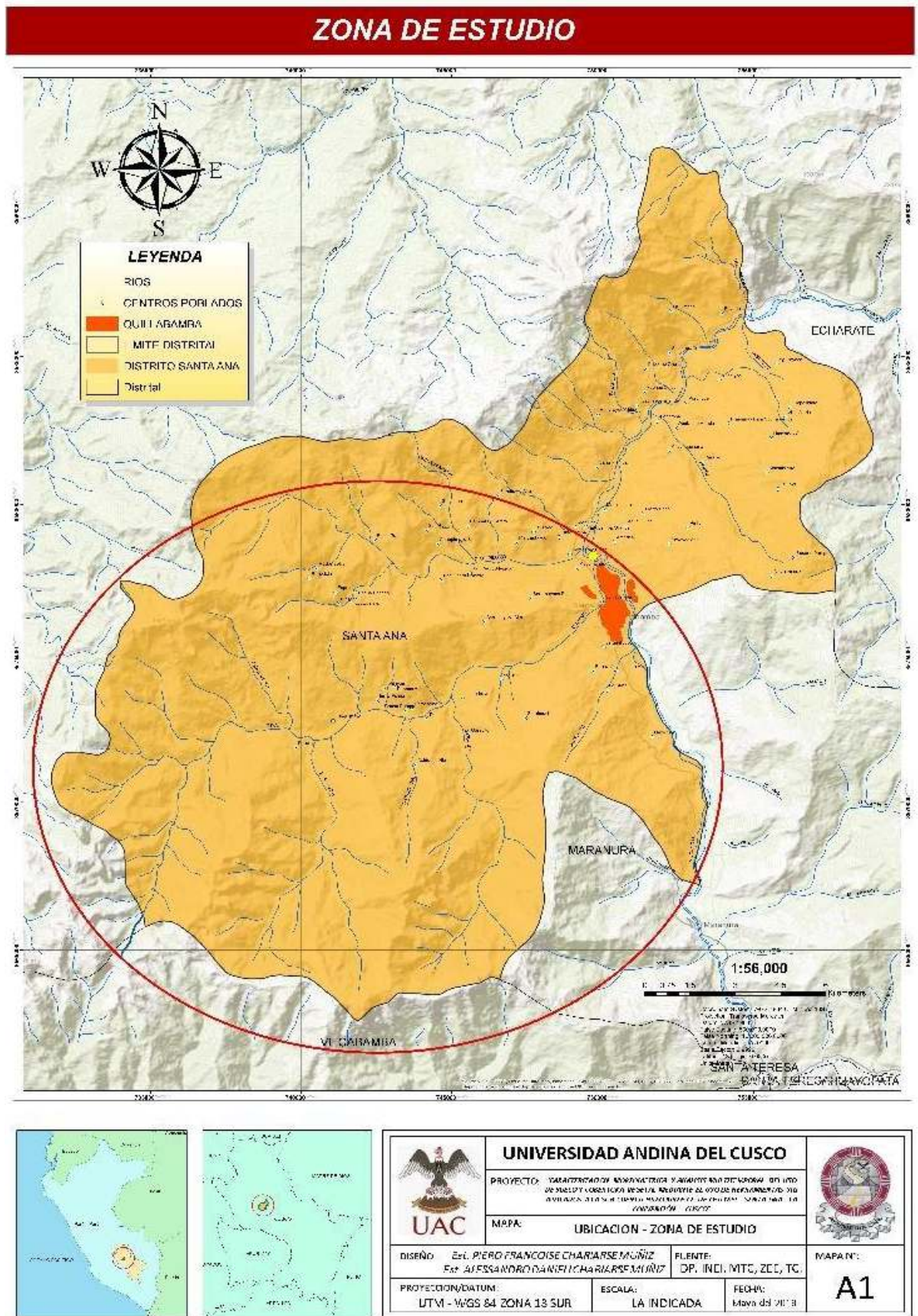
1.1.1.2. Delimitación temporal.

El estudio fue desarrollado en dos fases:

- a. El estudio Biofísico, que se efectuó mediante los parámetros actuales presentes en la cuenca de Chuyapi.
- b. El estudio multitemporal de uso de suelo y cobertura vegetal de la cuenca de Chuyapi, que fue enmarcado entre los años 1992 al 2015, para el fin se utilizó métodos de análisis de imágenes satelitales temporales de 24 años consecutivos.



Figura 1: Ubicación de la cuenca del Chuyapi



Fuente: Elaboración propia



1.1.2. Formulación interrogativa del problema

1.1.2.1. Formulación interrogativa del problema general

¿Cuáles son los cambios de uso de suelo y cobertura vegetal que se han presentado en la cuenca de Chuyapi entre los años 1992 al 2015?

1.1.2.2. Formulación interrogativa de los problemas específicos

Problemas específicos 01: ¿Cuáles son las características Biofísicos de la cuenca Chuyapi?

Problemas específicos 02: ¿Cuáles son los cambios de cobertura vegetal en la cuenca Chuyapi?

Problemas específicos 03: ¿Cuáles son los de uso de suelo en la cuenca Chuyapi?

1.2. Justificación e Importancia de la investigación

1.2.1. Justificación Técnica

Desde el punto de vista técnico, esta investigación se justificó mediante los resultados obtenidos dentro la rama de la hidrología y hace posible contar con información biofísica y cambios de uso de suelos que servirá de base para posteriores intervenciones en el manejo, prevención de desastres naturales y gestión de la cuenca, permitiendo iniciar nuevos estudios especializados para que, en base a ellos, se pueda plantear y proponer políticas públicas que se orienten a mejorar las condiciones de vida, el uso y explotación de los recursos naturales de manera responsable permitiendo con ello sentar las bases iniciales para impulsar la planificación del desarrollo sostenible participativo en el entorno dinámico de la cuenca de Chuyapi.

A través del análisis multitemporal se pudo determinar los procesos y cambios presentados en la cuenca, así como las condiciones morfológicas que tiene y a partir del cual se propondrá estudios que analicen los fenómenos sociales que han contribuido a los posibles cambios del entorno, estudios de recuperación de acuíferos y zonas de protección para la preservación de los recursos hídricos.



1.2.2. Justificación Social

El presente estudio contribuye a la sociedad porque dará información primordial para iniciar proyectos de riego, cosecha de agua, saneamiento básico para la población, defensa ribereña, identificación de riegos de desastres, implementando una mejora de la calidad de vida de la población de la ciudad de Quillabamba y de todo el ámbito de la cuenca, buscando la equidad social, la sostenibilidad en el uso de los recursos naturales y la gestión de las fuentes hídricas existentes de manera específica.

1.2.3. Justificación por viabilidad

El presente trabajo es viable económicamente debido a la facilidad para adquirir las fotografías satelitales y analizarlas. También es viable por el tiempo ya que los diagnósticos y el procesamiento se realiza en un periodo relativamente corto dando así facilidades para la realización del proyecto de investigación; los equipos están al alcance de nuestras manos ya que se cuenta con equipos de posicionamiento global (GPS), hardware y software especializado, sistema de conexión de banda ancha y movilidad para ir a la zona de estudio.

1.2.4. Justificación por relevancia

El presente trabajo de investigación se justifica y tiene importancia, por cuanto hace énfasis en aplicar un nuevo método de análisis del entorno de una cuenca con el uso de imágenes satelitales, brindando una opción más para llevarlo a cabo, además se usa el ArcGis como software permitiendo tener en cuenta la información geografía actual de la zona dando como respuesta información contrastada y al alcance de cualquier persona con solo buscar en internet agilizando los trámites burocráticos para sacar la información de los municipios, es necesario señalar que este proyecto utiliza análisis estadísticos para corroborar los datos obtenidos por las imágenes satelitales.



1.3. Limitaciones

- Se usó el software de ArcGis, el lenguaje de programación R en el programa R-Studio y el software Microsoft Excel.
- Se utilizó el sistema europeo radionavegación y posicionamiento por satélite desarrollado por la Unión Europea “Galileo”.
- Se usaron métodos según el sistema Galileo para el descifrado de las fotografías satelitales con el software de Envi bajo la metodología de Land Cover de la ESA.
- El equipo de GPS que se usó fue un GPSMAP 62s Garmin y el dron Phantom 3.
- La presente investigación se desarrolló dentro del distrito de Santa Ana, específicamente la microcuenca de Chuyapi. El estudio será comprendido entre los años 1992 al 2015 donde se ubica el respectivo proyecto a lo largo del tiempo.
- La disponibilidad de información satelital para los años 1992 al 2015 del presente análisis multitemporal fue determinante para elegir este espacio temporal, ya que la metodología Corine Land Cover permitía utilizar este procedimiento dentro de esos años (1992 al 2015).

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Realizar el análisis multitemporal del uso de suelo y cobertura vegetal de la cuenca de Chuyapi entre los años 1992 al 2015.

1.4.2. Objetivos específicos

Objetivo específico N°1: Determinar las características Biofísicos de la cuenca Chuyapi.

Objetivo específico N°2: Determinar los cambios de cobertura vegetal presentados en la cuenca Chuyapi en los años 1992 al 2015.

Objetivo específico N°3: Determinar los cambios de uso de suelo presentado en la cuenca Chuyapi en los años 1992 al 2015.



Capítulo II: Marco Teórico

2.1. Antecedentes de la tesis

2.1.1. Antecedentes a nivel nacional

Antecedente N°1:

Título de la tesis: “Análisis biofísicos de cuencas: caso de estudio del parque nacional pico de Tancítaro”

Autor: José De Jesús Alfonso Fuentes Junco

Institución: Fondo para la Comunicación y la Educación Ambiental, A.C

Lugar de la investigación: Tancitaro, Tarapoto

Año de investigación: 2009|

Resumen:

Se realiza un análisis hídrico de la morfometría de cuencas para evaluar el sistema hidrológico de una región. como por ejemplo el tamaño de la cuenca, la red de drenaje, la pendiente media, el escurrimiento, etcétera. El objetivo de este estudio es obtener y analizar los parámetros Biofísicos s de las cuencas del parque nacional Pico de Tancítaro.

Este tipo de estudios puede ayudar a establecer las bases hidrológicas del análisis ambiental en el Pico de Tancítaro con miras a la planeación y ordenamiento del parque nacional.

Para lograr lo anterior, se realizó la división en cuencas hidrológicas del Pico de Tancítaro y se aplicaron y compararon un total de seis índices hidrológicos y nueve parámetros hidrológicos.

Conclusión: Los parámetros Biofísicos en este caso los indicadores hidrológicos se obtuvieron a partir de una metodología de ingeniería que nos sirvió como guía para aplicar en nuestra tesis de manera correcta, la cual dio una curva hipsométrica regular con índices de mediana edad la cual conlleva a la aseveración de que su descarga es moderada dándonos una cuenca muy efectiva a la hora de la disminución de las erosiones en la zona.



2.1.2. Antecedentes a nivel internacional

Antecedente N°2:

Título de la tesis: “Caracterización morfométrica de la cuenca alta del río sauce grande, Buenos Aires, Argentina”

Autores: Gaspari, Fernanda Julia, Rodríguez Vagaría, Alfonso Martín, Senisterra, Gabriela Elba. Denegri, Gerardo Andrés, Besteiro, Sebastián, Delgado, María L.

Institución: Universidad Nacional de La Plata

Lugar de la investigación: Buenos Aires, Argentina

Año de la investigación: 2012

Resumen

La cuenca alta del río Sauce Grande abastece el complejo hidráulico Embalse Paso de las Piedras, comportándose como servicio ambiental primordial para el consumo hídrico de Bahía Blanca. El análisis de las características morfométricas y funcionales de una cuenca hidrográfica a través de parámetros de forma, relieve y red de drenaje, es básico en la modelación hidrológica para determinar el movimiento y captación del agua de lluvia. Estos indicadores pueden apoyar una formulación de un Sistema de Pago por Servicios Ambientales, como estrategia básica de ordenamiento territorial y desarrollo local, centrado en la oferta de agua generada por la cuenca.

El objetivo fue caracterizar morfométricamente la cuenca alta del río Sauce Grande. La metodología aplicada se basó en establecer y analizar los parámetros Biofísicos mediante el uso de Sistemas de Información Geográfica y planillas de cálculo, a partir de un modelo digital del terreno e imágenes satelitales. Los resultados alcanzados definieron que la cuenca posee un Área de 1502.6 km². La longitud axial es de 41.6 km con un ancho promedio de 36.1 km. El Factor de forma (0.87) indica que posee forma alargada, siendo rectangular oblonga según el coeficiente de compacidad de Gravelius (2.8). La longitud del cauce principal es 58.34 km con pendiente media de 0.48 %. La densidad de drenaje es 0.27 km.km² y su coeficiente de sinuosidad 1.42. El tiempo de concentración es 11.8 hs. La curva hipsométrica adimensional corresponde a una cuenca con un avanzado grado de desarrollo. Todos estos parámetros facilitan la cuantificación del caudal líquido en la cuenca.



Conclusión: Los parámetros Biofísicos fue importante para la determinación de las características del comportamiento del fluido vital es decir el agua ya que esta cuenca al definir su morfometría podemos cuantificar el caudal líquido en la cuenca.

Antecedente N°3:

Título de la investigación: “Evaluación geomorfológica, multitemporal, hidrológica y geotécnica para el Área comprendida en las coordenadas N: 963019,58, E:1059435, N: 963234, E:1059435, N: 962712, E:1059929, N: 962651, E:1059651 municipio de Restrepo Meta”

Autores: Alvarado Puerto, Elver Javier, Barrera Sánchez, Julio Roberto

Institución: Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia

Lugar de la investigación: Bogotá, Colombia.

Año de la investigación: 2015

Resumen

El objetivo principal de este trabajo es, identificar y analizar los cambios presentados, en el transcurso de los años, en el Río Caney del municipio de Restrepo Meta y poder establecer su comportamiento.

Estos estudios analizaron la Geomorfología, Hidrología, las características geotécnicas de los materiales presentes en el Río Caney. Se evaluaron las diferentes variables que han actuado en el modelamiento del Río y la hidráulica fluvial. Mediante la interpretación del análisis multitemporal se pudo establecer los cambios realizados por el río tales, como curvaturas, posibles zonas de socavamientos laterales y las afectaciones que sufre las infraestructuras cerca de la zona de estudio. Se puede hacer una estimación de material de arrastre en las zonas de deposición del abanico aluvial.

Conclusión: El estudio presenta a partir de la caracterización morfométrica este imparte el análisis multitemporal logrando relacionar el comportamiento en las riberas de los ríos logrando dar un incremento 30% en la socavación lo indicado en su tendencia de crecimiento de cause afectando a las estructuras cercanas.



2.2. Aspectos teóricos pertinentes

2.2.1. Cuenca hídrica

La cuenca hidrográfica es el territorio que se define naturalmente y donde el agua confluye hacia un punto de drenaje por la concavidad del terreno. Es el espacio de terreno limitado por las partes altas de las montañas, laderas y colinas, donde se desarrolla un sistema de drenaje superficial que concentra sus aguas en un río principal, el cual se integra al mar, lago u otro río más grande (RAE-AALE, 2007; Valenzuela, 2009).

También se define como un ecosistema en el cual interactúan y se interrelacionan variables Biofísicos y socioeconómicas que funcionan como un todo (SÁNCHEZ y ARTIEDA, 2004).

Desde el punto de vista de su funcionamiento, una cuenca hidrográfica puede caracterizarse por su morfología, por la naturaleza del suelo y por la cobertura vegetal y uso del suelo (Henaos, 1988; Mintegui Aguirre & López Unzú, 1990; Gaspari, 2002; Gaspari et al., 2009).

2.2.2. Tipos de cuenca

Los términos que se utilizan para indicar un tipo de cuenca en especial son: cuenca fluvial, cuenca hidrológica y cuenca de captación. Este último término se aplica como sinónimo de “cuenca hidrográfica”, a la que también se puede llamar cuenca de desagüe (FAO, 1996; World Visión, 2004).

2.2.3. Sub Cuenca

Una sub cuenca es toda Área en la que su drenaje va directamente al río principal de la cuenca. También se puede definir como una subdivisión de la cuenca. Es decir que en una cuenca puede haber varias sub cuencas (Faustino, 2006).



2.2.4. Sistemas de información geográfica (SIG)

Son sistemas informáticos que utilizan información locacional, tal como números de lotes, información catastral, coordenadas de latitud y longitud. Un SIG puede mapear cualquier información almacenada en planillas o bases de datos, que tengan un componente geográfico que permita ubicarlos en el espacio; los SIG pueden incorporar en un mismo mapa diversas variables como por ejemplo cartas de suelos, datos climáticos, vegetación y cultivos, algunos de esos datos provienen de las imágenes satelitales. (Scanterra, 2015).

2.2.5. Los SIG en la evaluación física de las cuencas hidrográficas

Los sistemas de información geográfica son definidos como un sistema computarizado que permite la entrada, almacenamiento, representación y salida eficiente de datos espaciales (mapas) y atributos (descriptores) de acuerdo a especificaciones y requerimientos concretos, también se lo considera como una combinación de software y hardware capaz de manipular entidades que contengan propiedades de localización y atributos. Según la FAO (1994), entre las ventajas de esta herramienta SIG están su adaptabilidad a una gran variedad de modelamiento con una mínima inversión de tiempo y dinero; los datos espaciales y no espaciales pueden ser analizados simultáneamente en una forma relacional; gran diversidad de modelos conceptuales puede ser probados rápidamente y repetidos varias veces facilitando su ajuste y evaluación (Valenzuela, 1989).

La implementación adecuada de los SIG, puede generar la creación de: mapas topográficos y la delimitación de las cuencas hidrográficas por un proceso casi automático; calcular la pendiente y clasificar las cuencas hidrográficas según el porcentaje de tierras empinadas en cada una; estimar la cubierta vegetal y los cambios de cubierta vegetal que sean producido en periodos de tiempos determinados; estimación del uso actual de la tierra; entre otras muchas utilidades que facilitan las actividades de ordenamiento. El uso SIG ofrece la posibilidad de almacenar datos espaciales (elementos cartográficos), de almacenar y relacionar datos sobre atributos de esos elementos



espaciales (tipo de suelo, tipo de cubierta, propiedades del terreno, profundidad del suelo, entre otros), y análisis de datos espaciales (FAO, 1996).

2.2.6. Análisis Biofísicos

El análisis Biofísicos es el estudio de un conjunto de variables lineales, de superficie, de relieve y drenaje; que permite conocer las características físicas de una cuenca, lo cual permite realizar comparaciones entre varias cuencas, así como ayuda a la interpretación de la funcionalidad hidrológica y en la definición de las estrategias para la formulación de su manejo. (Gaspari, 2012).

2.2.7. Importancia del estudio Biofísicos de las cuencas hidrográficas

La medición y análisis cuantitativo de las características de la cuenca hidrográfica se denomina “morfometría de la cuenca”. Es una de las herramientas importante en el análisis hídrico, porque permite establecer parámetros de evaluación del funcionamiento hidrológico de una región (Fuentes, 2004).

El proceso de caracterización de las propiedades morfométricas de la red de drenaje, es el primer paso en la búsqueda de las relaciones entre estos y las condiciones climáticas, geológicas e hidrológicas que determinan la evolución de la cuenca (Navarrete, 2004). (ASCE, 2000).

2.2.8. Parámetros Biofísicos

2.2.8.1. Parámetros de la cuenca

El parámetro de la cuenca interviene de manera importante en las características biofísicas se dividen entre las más importantes en: parámetros de escala, parámetros de forma y parámetros de drenaje. Estos parámetros nos permiten estudiar y entender a la cuenca.



2.2.8.1.1. Parámetros asociados de la escala de la cuenca

Los parámetros relacionados a la escala son los siguientes:

- Área
- Área del rectángulo equivalente de la cuenca
- Perímetro
- Longitud
- Ancho promedio
- Ancho máximo
- Diámetro
- Perímetro de un círculo igual al área de la cuenca
- Altitud mínima
- Altitud máxima
- Altitud media
- Relieve máximo
- Radio de relieve
- Relieve relativo
- Pendiente media
- Altitud de la naciente de la corriente principal
- Altitud del desagüe de la corriente principal
- Pendiente media del perfil longitudinal de la corriente principal desde la naciente hasta la desembocadura
- Relieve máximo de la corriente principal
- Factor topográfico
- Integral Hipsométrica
- Coeficiente de masividad
- Coeficiente orográfico
- Numero de rugosidad

2.2.8.1.2. Parámetros asociados a la forma de la cuenca

Los parámetros relacionados a la forma son los siguientes:

- Tipo de cuenca según la clase de vertientes



- Elongación
- Perímetro relativo de crenulación
- Coeficiente de compacidad (K_c) o índice de Gravelius (I_c)
- Índice de alargamiento
- Índice de homogeneidad
- Factor de Forma
- Alargamiento de Caquot
- Radio de elongación ó Relación de elongación
- Radio de circularidad
- Índice de forma
- Índice entre al largo y el Área de la cuenca
- Coeficiente de forma
- Coeficiente de forma
- Coeficiente de redondez
- Longitud de la corriente principal
- Longitud total de las corrientes de la red de drenaje
- Sinuosidad total de la corriente principal
- Densidad de drenaje
- Densidad hidrográfica
- Patrón o tipo de drenaje
- Textura de drenaje
- Coeficiente de mantenimiento del canal
- Extensión media de la de la esorrentía superficial
- Sinuosidad total de la corriente principal

2.2.8.1.3. Parámetros asociados al drenaje de la cuenca

Los parámetros relacionados a la forma son los siguientes:

- Tipo de cuenca según la clase de vertientes
- Elongación
- Perímetro relativo de crenulación
- Coeficiente de compacidad (K_c) o índice de Gravelius (I_c)
- Índice de alargamiento



- Índice de homogeneidad
- Factor de Forma
- Alargamiento de Caquot
- Radio de elongación ó Relación de elongación
- Radio de circularidad
- Índice de forma
- Índice entre al largo y el Área de la cuenca
- Coeficiente de forma
- Coeficiente de forma
- Coeficiente de redondez
- Longitud de la corriente principal
- Longitud total de las corrientes de la red de drenaje
- Sinuosidad total de la corriente principal
- Densidad de drenaje
- Densidad hidrográfica
- Patrón o tipo de drenaje
- Textura de drenaje
- Coeficiente de mantenimiento del canal
- Extensión media de la de la escorrentía superficial
- Sinuosidad total de la corriente principal

2.2.9. Procesamiento digital de imágenes

El procesamiento digital de imágenes, es una disciplina que desarrolla las bases teóricas y algorítmicas mediante las cuales pueda extraerse información del mundo real, de manera automática a partir de una figura observada.

El uso de la computación en diferentes dominios ha permitido sofisticar la naturaleza del procesamiento de las imágenes, con el propósito de extraer al máximo cualquier información disponible en las mismas, que pueda ser de utilidad” (Bravo 2004).



2.2.10. Análisis multitemporal

Es el análisis de tipo espacial que se realiza mediante la comparación de las coberturas interpretadas en dos o más imágenes de satélite o mapas de un mismo lugar en diferentes fechas y permite evaluar los cambios en la situación de las coberturas que han sido clasificadas. Como los meses del año y los años entre si difieren en sus características climáticas, un análisis multitemporal es mucho más amplio que el análisis de una sola imagen. (Scanterra, 2015).

2.2.11. Análisis multitemporales de cambio de uso de suelos

Los estudios multitemporales son llevados a cabo con el objeto de detectar cambios entre dos o más fechas de referencia, deduciendo de ahí la evolución del medio natural o las repercusiones de la acción humana sobre el medio. Además, son útiles para planificar las medidas adecuadas para evitar su deterioro o asegurar su mejor conservación. “El objetivo de los estudios multitemporales es encontrar una forma de combinar o integrar en el proceso varias imágenes correspondientes a diferentes fechas” (Chuvieco, 1990).

En general, los esfuerzos de analizar y modelar los procesos de cambio de uso del suelo se orientan a responder las siguientes interrogantes: ¿cómo y por qué ocurre el cambio en el uso del suelo?, ¿dónde? Estas tres interrogantes fundamentales son abordadas a través de metodologías apoyadas en el uso de sensores remotos y análisis estadístico espacial (Sandoval et al, 2005).

2.2.12. Los sistemas de información geográfica (SIG)

Constituyen una herramienta fundamental para el análisis multitemporal del uso del suelo. Los SIG, constituyen bases informatizadas de datos con algún componente espacial. La información que almacenan está referenciada geográficamente, ya que se trata de mapas, estadísticas o datos climáticos sobre un territorio concreto, por lo que todas estas variables pueden relacionarse mutuamente de formas muy diversas (ESRI 1998).



2.2.13. Capacidad de uso mayor

La Capacidad de Uso Mayor (CUM) correspondiente a cada unidad de tierra, es determinada mediante la interpretación cuantitativa de las características edáficas, climáticas (zonas de vida) y de relieve, los que intervienen en forma conjugada. La Capacidad de Uso Mayor de una superficie geográfica es definida como su aptitud natural para producir en forma constante, bajo tratamientos continuos y usos específicos.

La Clasificación de las Tierras según su Capacidad de Uso Mayor es un sistema eminentemente técnico interpretativo cuyo único objetivo es asignar a cada de suelo su uso y manejo más apropiado. Esta que traduce el lenguaje puramente científico del estudio de suelos a un lenguaje de orden práctico, se denomina "interpretación".

2.2.13.1. Categorías

Son los siguientes: Grupo de Capacidad de Uso Mayor, Clase de Capacidad de Uso Mayor, Subclase de Capacidad de Uso Mayor.

2.2.13.1.1. Grupo de capacidad de uso mayor de tierras

Esta categoría representa la más alta abstracción del Sistema, agrupa a las tierras de acuerdo a su máxima vocación de uso; es decir, a tierras que presentan características y cualidad" similares en cuanto a su aptitud natural para la producción sostenible, de cultivos en limpio, cultivos permanentes, pastos, producción forestar, las que no reúnen estas condiciones son consideradas tierras de protección. El grupo de capacidad de uso mayor es determinado mediante el uso de las claves de las zonas de vida. Los grupos son cinco:

a. Tierras aptas para cultivo en limpio (Símbolo A)

Reúne a las tierras que presentan características climáticas, de relieve y edáficas para la producción de cultivos en limpio que demandan remociones o araduras periódicas



y continuadas del suelo. Estas tierras, debido a sus características ecológicas, también pueden destinarse a otras alternativas de uso, ya sea cultivos permanentes, pastos, producción forestal y protección, en concordancia a las políticas e interés social del Estado, y privados sin contravenir los principios del uso sostenible.

b. Tierras aptas para cultivos permanentes (Símbolo C)

Reúne a las tierras cuyas características climáticas, relieve y edáficas no son favorables para la producción de cultivos que requieren la remoción periódica y continuada del suelo (cultivos en limpio), pero permiten la producción de cultivos permanentes, ya sean arbustivos o arbóreos (frutales principalmente). Estas tierras, también pueden destinarse, a otras alternativas de uso ya sea producción' de pastos, producción forestal, protección en concordancia a las políticas e interés social del Estado, y privado -sin contravenir los principios del uso sostenible.

c. Tierras aptas para pastos (Símbolo P)

Reúne a las tierras cuyas características climáticas, relieve y edáficas no son favorables para cultivos en limpio, ni permanentes, pero sí para la producción de pastos naturales o cultivados que permitan el pastoreo continuado o temporal, sin deterioro de la capacidad productiva del recurso suelo. Estas tierras según su condición ecológica (zona de vida), podrán destinarse también para producción forestal o protección cuando así convenga, en concordancia a las políticas e interés social del Estado, y privado, sin contravenir los principios del uso sostenible.

d. Tierras aptas para producción forestal (Símbolo F)

Agrupar a las tierras cuyas características climáticas, relieve y edáficas no son favorables para cultivos en ni pastos, pero, sí para la producción de especies forestales maderables. Estas tierras, también a la producción forestal no maderable o protección cuando así convenga, en concordancia a las políticas e interés social del Estado, y privado, sin contravenir los principios del uso sostenible.



e. Tierras de protección (Símbolo X)

Están constituidas por tierras que no reúnen las condiciones edáficas, climáticas ni de relieve mínimas requeridas para la producción sostenible de cultivos en limpio, permanentes, pastos o producción forestal. En este, sentido, las limitaciones o impedimentos tan severos de orden climático, edáfico y de relieve determinan que estas tierras sean declaradas de protección.

En este grupo se incluyen, los escenarios glaciarcitos formaciones líticas, fierras con cárcavas, zonas urbanas, zonas mineras, playas de litoral, centros arqueológicos, ruinas, cauces de ríos y quebradas, cuerpos de agua (lagunas) y otros no diferenciados, las que según su importancia económica pueden ser destinadas para producción minera, energética, fósiles, hidro-energía, vida silvestre, valores escénicos y culturales, recreativos, turismo; científico y otros que contribuyen al beneficio del Estado, social y privado.

2.2.13.1.2. Clases de capacidad de uso mayor de las tierras

Es el segundo nivel categórico del presente Sistema de Clasificación de Tierras, reúne a unidades de suelos tierra según su Calidad Agrológica dentro de cada grupo de Capacidad de Uso Mayor (CUM) reúne numerosas clases de suelos que presentan una misma aptitud o vocación de uso general, pero, tienen una misma calidad agrológica ni las mismas limitaciones, por consiguiente, requiere de prácticas de manejo específicas de diferente grado de intensidad, se tiene tres categorías y estas a su vez presentan tres categorías alta, media y baja.

- **La clase de calidad alta**

Comprende las tierras de mayor potencialidad y que requieren de prácticas de manejo y conservación de suelos de menor intensidad.



- **La clase de calidad baja**

Reúne a las tierras de menor potencialidad dentro de cada grupo de uso, exigiendo mayores y más intensas prácticas de manejo y conservación de suelos para la obtención de una producción económica y continuada.

- **La clase de calidad media**

Corresponde a las tierras con limitaciones y que exigen prácticas moderadas de manejo y conservación de suelos CUM.

- a. **Clases de tierras aptas para cultivos en limpio (Símbolo A)**

Se establece las siguientes clases: A1, A2 y A3. La calidad, Agrológica disminuye progresivamente de la Clase A1 a la A3, y ocurre lo inverso con las limitaciones, incrementándose éstas de la A1 a la A3.

- **Calidad agrológica alta (Símbolo A1)**

Agrupar a las tierras de la más alta calidad, con ninguna o muy ligeras limitaciones que restrinjan su uso intensivo y continuado, las que, por sus excelentes características y cualidades climáticas, de relieve o edáficas, permiten un amplio cuadro de cultivos, requiriendo de prácticas sencillas de manejo y conservación de suelos para mantener su productividad sostenible y evitar su deterioro.

- **Calidad agrológica media (Símbolo A2)**

Agrupar a tierras de moderada calidad para la producción de cultivos en limpio con moderadas limitaciones de orden climático, edáfico o de relieve, que reducen un tanto el cuadro de cultivos, así como la capacidad productiva. Requieren de prácticas moderadas de manejo y de conservación de suelos, a fin de evitar su deterioro y mantener una productividad sostenible.



- **Calidad agrológica baja (Símbolo A3)**

Agrupar a tierras de baja calidad, con fuertes limitaciones de orden climático, edáfico o de relieve, que reducen significativamente el cuadro de cultivos y la capacidad productiva. Requieren de prácticas más intensas y a veces especiales, de manejo y conservación de suelos para evitar su deterioro y mantener una productividad sostenible.

b. Clases de tierras aptas para cultivos permanentes (Símbolo C)

Se establece las siguientes clases: C1, C2 y C3. La calidad agrológica del suelo disminuye progresivamente de la clase C1 a la C3.

- **Calidad agrológica alta (Símbolo C1)**

Agrupar a tierras con la más alta calidad de suelo de este grupo, con ligeras limitaciones para la fijación de un amplio cuadro de cultivos permanentes, frutales principalmente. Requieren de prácticas de manejo y conservación de suelos poco intensivas para evitar el deterioro de los suelos y mantener una producción sostenible.

- **Calidad agrológica media (Símbolo C2)**

Agrupar tierras de calidad media, con limitaciones más intensas que la clase anterior de orden climático, edáfico o de relieve que restringen el cuadro de cultivos permanentes. Las condiciones edáficas de estas tierras requieren de prácticas moderadas de conservación y mejoramiento a fin de evitar el deterioro de los suelos y mantener una producción sostenible.

- **Calidad agrológica baja (Símbolo C3)**

Agrupar tierras de baja calidad, con limitaciones fuertes o severas de orden climático, edáfico o de relieve para la fijación de cultivos permanentes y, por



tanto, requieren de la aplicación de prácticas intensas de manejo y de conservación de suelos a fin de evitar el deterioro de este recurso y mantener una producción sostenible.

c. Clases de tierras aptas para pastos (Símbolo P)

Se establecen las siguientes clases de potencialidad: P1, P2 y P3. La calidad agrológica de estas tierras disminuye progresivamente de la Clase P1 a la P3.

- **Calidad Agrológica Alta (Símbolo P1)**

Agrupar tierras con la más alta calidad agrológica de este grupo, con ciertas deficiencias o limitaciones para el crecimiento de pasturas naturales y cultivadas que permitan el desarrollo sostenible de una ganadería. Requieren de prácticas sencillas de manejo de suelos y manejo de pastos para evitar el deterioro del suelo.

- **Calidad Agrológica Media (Símbolo P2)**

Agrupar tierras de calidad agrológica media en este grupo, con limitaciones y deficiencias más intensas que la clase anterior para el crecimiento de pasturas naturales y cultivadas, que permiten el desarrollo sostenible de una ganadería. Requieren de la aplicación de prácticas moderadas de manejo de suelos y pastos para evitar el deterioro del suelo y mantener una producción sostenible.

- **Calidad Agrológica Baja (Símbolo P3)**

Agrupar tierras de calidad agrológica baja en este grupo, con fuertes limitaciones y deficiencias para el crecimiento de pastos naturales y cultivados, que permiten el desarrollo sostenible de una determinada ganadería. Requieren de la aplicación de prácticas intensas de manejo de suelos y pastos para el desarrollo de una ganadería sostenible, evitando el deterioro del suelo.



d. Clases de Tierras Aptas para Producción Forestal (Símbolo F)

Se establecen las siguientes clases de aptitud: F1, F2 y F3. La Calidad Agrológica de estas tierras disminuye progresivamente de la clase F1 a la F3.

- **Calidad Agrológica Alta (Símbolo F1)**

Agrupar tierras con la más alta calidad agrológica de este grupo, con ligeras limitaciones de orden climático, edáfico o de relieve, para la producción de especies forestales maderables. Requieren de prácticas sencillas de manejo y conservación de suelos y de bosques para la producción forestal sostenible, sin deterioro del suelo.

- **Calidad Agrológica Media (Símbolo F2)**

Agrupar tierras de calidad agrológica media, con restricciones o deficiencias más acentuadas de orden climático, edáfico o de relieve que la clase anterior para la producción de especies forestales maderables. Requiere de prácticas moderadas de manejo y conservación de suelos y de bosques para la producción forestal sostenible, sin deterioro del suelo.

- **Calidad Agrológica Baja (Símbolo F3)**

Agrupar tierras de calidad agrológica baja, con fuertes limitaciones de orden climático, edáfico o de relieve, para la producción forestal de especies maderables. Requiere de prácticas más intensas de manejo y conservación de suelos y bosques para la producción forestal sostenible, sin deterioro del recurso suelo.

e. Clases de Tierras de Protección (Símbolo X)

Estas tierras no presentan clases de capacidad de uso, debido a que presentan limitaciones tan severas de orden edáfico, climático o de relieve, que no permiten la producción sostenible de cultivos en limpio, cultivos permanentes, pastos ni producción forestal.



2.2.13.3. Subclase de capacidad de uso mayor

Las constituye la tercera categoría del presente Sistema de Clasificación de Tierras, establecida en función a factores. limitantes, riesgos y condiciones especiales que restringen o definen el uso de las tierras. La subclase de capacidad de uso, agrupa tierras de acuerdo al tipo de limitación o problema de uso. Lo importante en este nivel categórico es puntualizar la deficiencia o condiciones más relevantes como causal de la limitación del uso del sistema elaborado, han sido reconocidos seis tipos de limitación fundamentales que caracterizan a las subclases de capacidad:

- Limitación por suelo,
- Limitación de sales,
- Limitación por topografía de erosión,
- Limitación por drenaje,
- Limitación por riesgo de inundación,
- Limitación por clima,

En el sistema también se reconocen tres condiciones especiales que caracterizan la subclase de capacidad:

- Uso Temporal,
- Terraceo o andenería,
- Riego penamente o suplementario.

2.2.13.4. Limitaciones

2.2.13.4.1. Limitación por suelo (Símbolo "s")

El factor suelo representa uno de los componentes fundamentales en el juzgamiento y calificación de las tierras; de ahí, la gran importancia de los estudios de suelos. en ellos se identifica, describe, separa y clasifican los cuerpos edáficos de acuerdo a sus características sobre estas agrupaciones se determinan los Grupos de Capacidad de Uso.

Las limitaciones por este factor están referidas a las características intrínsecas del perfil edáfico de la unidad de suelo, tales como: profundidad efectiva, textura dominante,



presencia de grava o piedras, reacción del suelo (pH), salinidad, así como las condiciones de fertilidad del suelo y de riesgo de erosión.

El suelo es uno de los componentes principales de la tierra que cumple funciones principales sostenimiento de las plantas como de fuente de nutrientes para el desarrollo de las mismas. La limitación posee A F está dada por la deficiencia de alguna de las características mencionadas, lo cual incide en el crecimiento y desarrollo de las plantas, así como en su capacidad productiva.

2.2.13.4.2. Limitación por sales (Símbolo "1")

Si bien el exceso de sales, nocivo para el crecimiento de las plantas es un componente del factor edáfico, en la interpretación esta es tratada separadamente por constituir una característica específica de naturaleza química cuya identificación en la clasificación de 'tas tierras, especialmente en la región árida de la constatable notable importancia en el uso, manejo y los suelos.

2.2.13.4.3. Limitación por topografía riesgo de epo (Símbolo "e")

La longitud, forma y sobre todo el grado de pendiente de la superficie del suelo influye regulando la distribución de las aguas de escorrentía, es decir, determinan el drenaje extremo de los suelos. Por consiguiente; los grados más convenientes son determinados considerando especialmente la susceptibilidad de los suelos a la erosión: Normalmente, se considera como pendientes adecuadas aquellas de relieve suave, en un mismo plano, que no favorecen los escurrimientos rápidos ni lentos.

Otro aspecto importante es la forma de la del terreno, de gran interés desde el punto de vista de las obras de nivelamiento, las pendientes, pero de superficie desigual o muy variadas debe; consideradas como factores influyentes en los costos de nivelación y del probable efecto de ésta sobre la fertilidad y las características físicas al eliminar las capas edáficas' de gran valor agrícola.



2.2.13.4.4. Limitación por Drenaje (Símbolo w)

Esta limitación está íntimamente relacionada al exceso de agua en el suelo, regulado por las características topográficas, de permeabilidad del suelo, la naturaleza del sustrato y la profundidad del nivel freático, condiciones de drenaje son de gran importancia influyen considerablemente en la fertilidad, la productividad de los suelos, en los costos de producción y en la fijado y desarrollo de los cultivos. El cultivo de arroz una excepción, así como ciertas especies de palmacas de hábitat hidrofílico en la región amazónica (aguaje).

2.2.13.4.5. Limitación por riesgo de inundación de anegamiento (Símbolo "i")

Este es un aspecto que podría estar incluido dentro del factor drenaje, pero, por constituir una particularidad de ciertas regiones del país como son las inundaciones estacionales de la región amazónica y en los valles costeros, y que comprometen la fijación de cultivo, se ha diferenciado del problema de drenaje. Los riesgos por inundación fluvial aspectos de frecuencia, amplitud del área inundada y de la misma, afectando la integridad física de efecto de la erosión lateral y comprometiendo el cuadro de especies a cultivarse.

2.2.13.4.6. Limitación por clima (Símbolo "c")

Este factor está íntimamente relacionado características particulares de cada zona de vida o bioclima tales como la ocurrencia de heladas o bajas sequias prolongadas, deficiencias o excesos de lluvias y fluctuaciones térmicas significativas durante etapas; entre otras. Estas son características que comprometen seriamente el cuadro de especies a desarrollarse es común en las tierras con potencial productos en Limpio ubicadas en el piso Montano y sin tierras con aptitud para Pastos en los pisos altitudinales Subalpino y Alpino (zona de páramo y tundra, respectivamente), por lo que en ambas situaciones siempre llevará el símbolo "c" además de otras limitaciones que pudieran tener condiciones especiales.



2.2.13.5. Fases por Pendiente

Tabla 2: Fases por pendiente CUM

Termino descriptivo	Rango (%)	Símbolo
Plana a Ligeramente inclinada	0 - 4	A
Moderadamente inclinada	4 - 8	B
Fuertemente inclinada	8 – 15	C
Moderadamente empinada	15 – 25	D
Empinada	25 – 50	E
Muy empinada	50 – 75	F
Extremadamente empinada	> 75	G

Fuente: Reglamento de clasificación de tierras por su capacidad de uso mayor (DS 017-2009-AG)

2.2.13.6. Clasificación de tierras por su capacidad de uso mayor

Tabla 3: Clasificación de tierras por su capacidad de uso mayor

Grupos de Capacidad de uso mayor	Clase (Calidad agrológica)	Subclase (Limitaciones o deficiencias)
Tierras de para Cultivos en limpio (A)	Alta (A1)	No hay limitaciones
	Media (A2)	A partir de la clase A2 hasta la clase F3, presentan una o más de las siguientes limitaciones o deficiencias
	Baja (A3)	
Tierras para cultivos permanentes (C)	Alta (C1)	Suelos (s)
	Media (C2)	Drenaje (w)
	Baja (C3)	Erosión (e)
Tierras para pastos (P)	Alta (P1)	Clima (c)
	Media (P2)	Salinidad (l)
	Baja (P3)	Inundación (i)
Tierras para Forestales de Producción (F)	Alta (F1)	
	Media (F2)	
	Baja (F3)	



Tierras de Protección (X)

Fuente: Reglamento de clasificación de tierras por su capacidad de uso mayor (DS 017-2009-AG)

2.2.14. Coeficiente de escorrentía

El coeficiente de escorrentía es la relación que existe de la cantidad de agua bruta ocasionado por las lluvias y la pérdida por infiltración producida en su mayor medida por el tipo de suelo y uso que se le da. La precipitación que circula superficialmente llamada escorrentía superficial es menor que la precipitación total, al descontar la evaporación, evapotranspiración, almacenamiento, etc. El coeficiente de escorentia es un valor adimensional que va desde un valor 0 a 1 como mínimo y máximo respectivamente, indicando a mayor coeficiente; mayor escorrentía y al menor coeficiente mayor infiltración.

Para la clasificación de uso de suelo se utilizó la tabla V. Coeficientes de escorrentía (C) de Chow et al. (1988) y para la clasificación de cobertura vegetal se utilizó la tabla IV. Coeficientes de escorrentía (C) según Razuri (1984) y la tabla III. Coeficiente de escorrentía, según Velasco-Molina (1991).

2.3. Hipótesis

2.3.1. Hipótesis General

Se encontraron cambios de uso de suelo y cobertura vegetal entre los años 1992 al 2015 en la cuenca de Chuyapi.

2.3.2. Sub hipótesis

Sub hipótesis N°1: La cuenca de Chuyapi presentará las características: por su magnitud, por sus ecosistemas y por su relieve.

Sub hipótesis N°2: Se presentarán cambios de uso de suelo en la cuenca de Chuyapi entre los años 1992 al 2015 con un aumento entre un 10% a 15%.

Sub hipótesis N°3: La cobertura vegetal en la cuenca de Chuyapi entre los años 1992 al 2015 disminuirá entre un 10% a 15%.



2.4. Definición de Variables

2.4.1. Variables Independientes

Variable independiente N °1: Morfometría, del griego μορφή "morphé", que significa "forma" o "figura", y μετρία "metría", que significa "medición". Se refiere al análisis cuantitativo de la forma, un concepto que abarca el tamaño y la forma.

- **Indicador N°1: Área** Es la extensión de superficie expresada en unidades longitudinales.
- **Indicador N°2: Perímetro** Línea o conjunto de líneas que forman el contorno de una superficie o una figura.
- **Indicador N°3: Curva hipsométrica** indica el porcentaje de Área de la cuenca o bien la superficie de la cuenca que existe por encima de cierta cota
- **Indicador N°4: Densidad de Drenaje** es la relación entre la longitud total de los cauces de una cuenca y el Área de ésta.

Variable independiente N °2: Teledetección Biofísicos es un modo de obtener información acerca de objetos tomando y analizando datos sin que los instrumentos empleados para adquirir los datos estén en contacto directo con el objeto.

- **Indicador N°5: Vegetación** conjunto de plantas propias de una zona o un lugar o existentes en un terreno determinado.
- **Indicador N°6: Elementos hidrográficos** son las redes hidrográficas de la estructura
- **Indicador N°7: Suelo** denomina suelo a la parte superficial de la corteza terrestre, biológicamente activa, que proviene de la desintegración o alteración física y química de las rocas y de los residuos de las actividades de seres vivos que se asientan sobre él.



2.4.2. Variables Dependientes

Variable dependiente N°1: Análisis multitemporal del uso del suelo: Estudio de una zona determinada a partir de imágenes de satélite, mediante tomas echas en tiempos diferentes, pudiendo variar al tiempo entre una toma y otra, horas, días, meses, etc. con el fin de analizar una o muchas variables a través del tiempo.

Indicador N°8: Cobertura vegetal: cobertura de plantas salvajes o cultivadas que crecen espontáneamente sobre una superficie de suelo o en un medio acuático

Indicador N°9: Cobertura suelo: son Áreas pequeñas establecidas en suelos áridos, arenosos y con problemas de escasez de agua.



2.4.3. Cuadro de operacionalización de Variables: “Análisis multitemporal del uso de suelo y cobertura vegetal mediante el uso de herramientas SIG aplicados a la cuenca de Chuyapi – Santa Ana - La Convención – Cusco”

TIPO	VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADOR	UNIDAD	INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS
INDEPENDIENTE		Parámetros de la cuenca	Área y superficie	Km2, Ha.	<ul style="list-style-type: none"> Fichas de observación de datos Manual de procedimientos de delimitación y codificación de unidades hidrográficas
			Perímetro	Km, m	
			Forma de la microcuenca	Tipo	
	Biofísica	Parámetro de cuenca y afluente	Curva Hipsométrica	MSNM, km2, %	<ul style="list-style-type: none"> Fichas de observación de datos Cartilla técnica: Aguas superficiales
DEPENDIENTE		Parámetros del afluente	Orden de corriente	Tipo, N° causas	<ul style="list-style-type: none"> Fichas de observación de datos Cartilla técnica: Aguas superficiales
			Densidad de drenaje	Km/km2	
	Teledetección Biofísicos	Parámetros respecto del tiempo	Vegetación	Tipos, estado, N°	<ul style="list-style-type: none"> Fichas de observación de datos Manual de procedimientos de delimitación y codificación de unidades hidrográficas
			Elementos hidrológicos	Tipos, N° elementos	
	Análisis multitemporal del uso de suelos	Parámetros respecto del tiempo	Suelo	Tipos	<ul style="list-style-type: none"> Guía de teledetección y medio ambiente Manual de procesamiento en fotografías aéreas y satelitales
			Cobertura vegetal	Ha, %	
Uso agropecuario Forestal			Ha, %		
		Otros usos	Tipo, Ha, %		



Capítulo III: Metodología

3.1. Metodología de la Investigación

3.1.1. Tipo de la investigación

Según (Hernández, Fernández, & Batista, 2003) la investigación es cuantitativa porque usa recolección de datos para probar las hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico para establecer patrones de comportamiento. El proceso cuantitativo es secuencial y probatorio. Cada etapa precede a la siguiente y no podemos eludir pasos, el orden es riguroso, aunque desde luego, podemos redefinir alguna fase.

Los datos que se obtienen en la presente investigación son netamente numéricos, producto de mediciones obtenidas por las imágenes satelitales. Estos datos procesados posteriormente proporcionaron la caracterización biofísica como también la variación a lo largo de los años dada por el uso del suelo y cobertura vegetal para validar o rechazar las hipótesis formuladas.

3.1.2. Nivel o alcance de la investigación

El nivel de investigación es de tipo descriptivo; Según (Behar Rivero, 2008), mediante este tipo de investigación, que utiliza el método de análisis, se logra caracterizar un objeto de estudio o una situación concreta, señalando sus características y propiedades. Combinada con ciertos criterios de clasificación sirve para ordenar, agrupar o sistematizar los objetos involucrados en el trabajo indagatorio. Su objetivo es describir la estructura de los fenómenos y su dinámica, identificar aspectos relevantes de la realidad.

El nivel de la investigación es descriptivo; porque busca especificar las características de la cuenca de Chuyapi, y cómo fue cambiando el uso de suelo. Al diagnosticar el problema actual se podrá formular una hipótesis causal.

Esta investigación viene a ser propositiva, porque una vez que se tome la información, se realizará una propuesta gestión de recurso hídrico para superar la problemática actual y las deficiencias encontradas.



Según (Giler, 2015) una investigación de carácter propositivo, es un proceso dialéctico que utiliza un conjunto de técnicas y procedimientos con la finalidad de diagnosticar y resolver problemas fundamentales, encontrar respuestas a preguntas científicamente preparadas, estudiar la relación entre factores y acontecimientos o generar conocimientos científicos.

3.1.3. Método de investigación

El método de investigación es Hipotético-Deductivo es la vía primera de inferencias lógicas deductivas para arribar a conclusiones particulares a partir de la hipótesis, que después se pueden comprobar (Hernández Meléndrez, 2006).

La presente investigación se realiza mediante el método hipotético deductivo puesto que realizamos teorías del estado actual de la cuenca del Chuyapi para establecer hipótesis y corroborar estas mediante mediciones y establecer conclusiones todo esto se llevará a cabo con normas de teledetección (Manual técnico titulado: “Metodología para la clasificación de coberturas a partir del procesamiento de imágenes satelitales”).

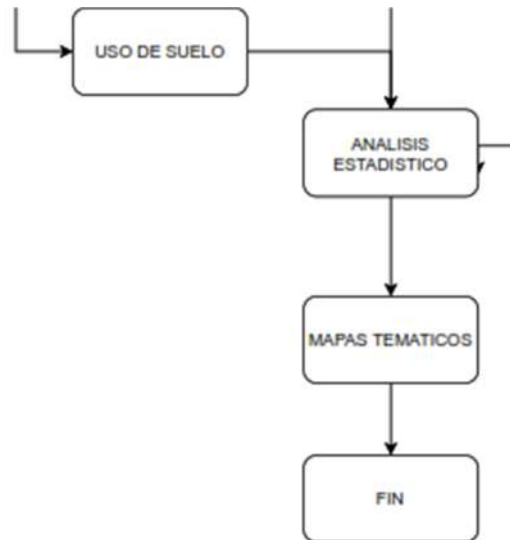
3.2. Diseño de la Investigación

3.2.1. Diseño metodológico

El diseño metodológico es No Experimental porque “Se realiza sin manipular deliberadamente las variables y en los que solo se observan los fenómenos en su ambiente natural para analizarlos” (Hernández Sampieri, Fernández-Collado, & Baptista Lucio, 2014).

3.2.2. Diseño de ingeniería

Se muestran en los siguientes diagramas de flujo



Fuente: Elaboración propia

3.3. Población y Muestra

3.3.1. Población

3.3.1.1. Descripción de la población

(Carrasco, 2009) menciona que el universo o población es todo elemento de una determinada Área para investigaciones físicas, dicho de otro modo, para aquellas investigaciones abióticas y elementos inanimados.

La población relacionada al tema de estudio es la totalidad de cuencas en este caso nuestra población es la cuenca del río Chuyapi.



Figura 3: Unidades Hidrográficas del Perú



Fuente: Autoridad Nacional del Agua - ANA

3.3.1.2. Cuantificación de la población

En este caso se tomó la cuenca del río Chuyapi que tiene un Área de 186.83 km².

3.3.2. Muestra

3.3.2.1. Descripción de la muestra

Según (Ludewig, 1998) la muestra se define como un subconjunto del universo que se obtiene para averiguar las propiedades o características de esta última, por lo que interesa que sea reflejo del universo, que sea representativa de ella.

Es la cuenca de Chuyapi distrito de Santa Ana, provincia de La Convención, departamento del Cusco.



3.3.2.2. Cuantificación de la muestra

En este caso se tomó la cuenca del río Chuyapi.

3.3.2.3. Método de muestreo

El tipo de muestreo es tipo no probabilístico discrecional, En este tipo de toma de muestras, los sujetos son elegidos para formar parte de la muestra con un objetivo específico. Con el muestreo discrecional, el investigador cree que algunos sujetos son más adecuados para la investigación que otros. Por esta razón, aquellos son elegidos deliberadamente como sujetos (Otzen & Manterola, 2017).

3.3.2.4. Criterios de evaluación de muestra

No se tuvo ningún criterio de evaluación ya que es la muestra es igual a la población.

3.3.3. Criterios de inclusión

En el desarrollo de la investigación se involucró aspectos relacionados al uso de diferentes equipos para la toma de datos en campo, así como también diferentes textos de apoyo para lo cual se tendrá en cuenta los siguientes aspectos:

3.3.3.1. Criterio geográfico

La presente investigación está destinada a la zona:

Tabla 4: Características del Área de influencia

Departamento	Cusco
Provincia	La Convención
Distrito	Santa Ana
Zona	Rural
Ubicación	Microcuenca del Chuyapi
Área	186.83 km ²

Fuente: Plan de desarrollo concertado del distrito de Santa Ana



3.3.3.2. Criterio de época.

La presente investigación se realizó: en el año 2016 donde se recolecto datos entre los meses de julio-agosto.

3.3.3.3. Criterio de Software

Para realizar la investigación se recolecto datos de los satélites del programa satelital Galileo integrado por satélites SENTINEL pertenecientes a la UE, así mismo las imágenes satelitales del LANDSAT 8 con la que se procesó en el programa ENVI, que sirvieron de soporte en la aplicación de la metodología del Land Cover con la que se desarrolló el análisis multitemporal y posterior procesamiento en el software ArcGis para determinar los datos alfanuméricos obtenidos y ser analizados para su evaluación en Microsoft Excel y en el lenguaje de programación R con su interfaz RStudio para su respectivo análisis estadístico.

3.4. Instrumentos

3.4.1. Instrumentos Metodológicos o Instrumentos de Recolección de Datos



Para recolectar la información de campo mediante la observación directa del área objeto de estudio utilizaremos una Ficha de Campo.



Figura 4: Ficha de Observación

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
Facultad de Ingeniería y Arquitectura

Tesis: "CARACTERIZACIÓN MORFOMETRICA Y ANALISIS MULTITEMPORAL DEL USO DE SUELO Y COBERTURA VEGETAL MEDIANTE EL USO DE HERRAMIENTAS SIG APLICADOS A LA SUB CUENCA HIDROGRAFICA DE CHUYAPI - SANTA ANA - LA CONVENCION - CUSCO"

FICHA DE CAMPO		
FECHA		
HORA DE INICIO		HORA DE F
RIO		
TRAMO INSPECCIONADO		
CUENCA HIDROGRAFICA		
EVALUADOR		
LOCALIZACION GEOGRAFICA (UTM)		
	INICIO TRAMO	
	FINAL TRAMO	
	FOTOGRAFIAS	

a. Determinar en numero de :

<input type="checkbox"/>	1. Zonas de corriente rápida
<input type="checkbox"/>	2. Zonas de corriente
<input type="checkbox"/>	3. Afuentes
<input type="checkbox"/>	4. Captaciones de agua con canalización
<input type="checkbox"/>	5. Canales de riego
<input type="checkbox"/>	6. Explotaciones hidráulicas
<input type="checkbox"/>	7. Colectores
<input type="checkbox"/>	8. Otros: _____

b. Indica cuales son los usos de suelo en los márgenes i/d

<input type="checkbox"/>	1. Industrial
<input type="checkbox"/>	2. Residual
<input type="checkbox"/>	3. Comercial
<input type="checkbox"/>	4. Zonas protegidas
<input type="checkbox"/>	5. Areas de recreo
<input type="checkbox"/>	6. Extracción de aridos
<input type="checkbox"/>	7. Relleno de cascajo
<input type="checkbox"/>	8. Vertidos legales
<input type="checkbox"/>	9. Vertidos ilegales
<input type="checkbox"/>	10. Ganadería
<input type="checkbox"/>	11. Agricultura
<input type="checkbox"/>	12. Carreteras
<input type="checkbox"/>	13. Otros

i.- margen izquierda d.- margen derecha <i>(mirando aguas abajo)</i>	
--	--

Croquis del area

Fuente: Elaboración Propia



- Para determinar las zonas de estudio a analizar utilizaremos las Cartas Nacionales proporcionadas por el IGP 1/100,000, (MINAM, MINEDU, MINAGRI, INEI, INGEMET, IGP)

3.4.2. Instrumentos de Ingeniería

3.4.2.2. Software de ingeniería.

- MS Excel 2010
- MS Word 2010
- ArcGIS 10.3
- ENVI 5.1
- R
- R Studio

3.5. Procedimiento de Recolección de Datos

3.5.1. Procedimiento metodológico para el análisis biofísico de la cuenca de Chuyapi.

El desarrollo de las actividades destinadas a determinar las características biofísicas de la cuenca de Chuyapi se basará en el análisis de las imágenes satelitales generando los modelos digitales de elevación (DEM) resultado a partir de un TIN (red de triángulos irregulares), complementados con las curvas de nivel proporcionados por las cartas topográficas elaborados por el Instituto Geográfico Nacional de escala 1/100,00.

A partir de allí se calculan los indicadores Biofísicos de la cuenca en estudio.

3.5.1.1. Gestión de archivos de trabajo

En esta etapa desarrollamos los aspectos referidos a establecer los archivos base y archivos generados para el desarrollo del análisis de Biofísicos de la cuenca, considerando para ello la creación de una carpeta matriz que incluye sub carpetas adicionales (MDX, TEMPORALES, TABLAS y DATOS BASE) y GDB.

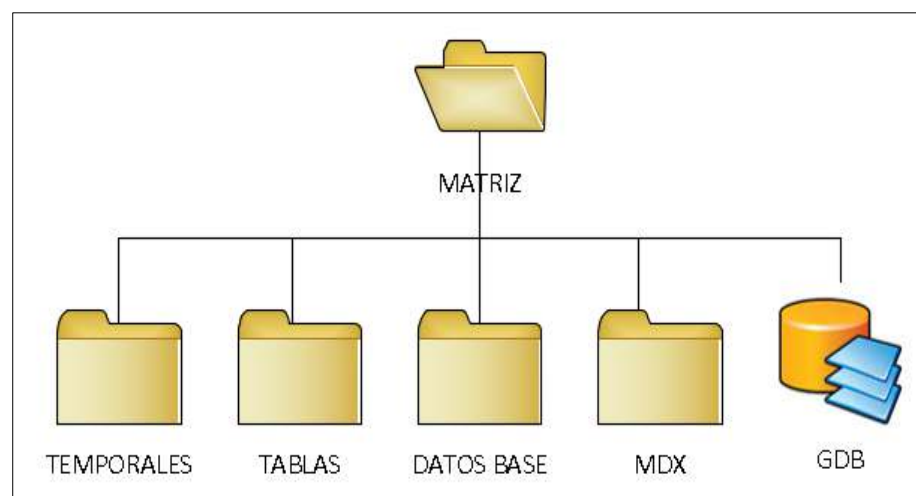
La estructura de organización es la siguiente:

- a. MATRIZ: Contiene todas las sub carpetas.



- b. TEMPORALES: Contiene archivos Shapefiles producidos en el desarrollo del análisis mediante software SIG.
- c. TABLAS: Archivos de tipo *.xls y *.doc.
- d. DATOS BASE: Contiene información de base (Cartas nacionales 1:100,000, Cartas geológicas, base de datos MINAM, base de datos MTC, base de datos ANA, Cuencas hidrográficas)
- e. MDX: Etapas del proceso de análisis.
- f. GDB: Archivos generados de tipo RASTER.

Figura 5: Diagrama de la estructura y gestión de archivos



Fuente: Elaboración propia.

3.5.1.2. Procedimiento de obtención del DEM.

- Identificamos la zona de intervención considerando para ello el archivo Shape denominado, inter cuenca Huacayoc-Chuyapi que corresponde al archivo sub_cuencas.shp, de base de datos ANA, región Cusco, ya que por determinación de cartas nacionales utilizadas se determinó que la zona de estudio está comprendida en este ámbito.



Figura 6: Extracción de la cuenca Huacayoc_chuyapi.shp,

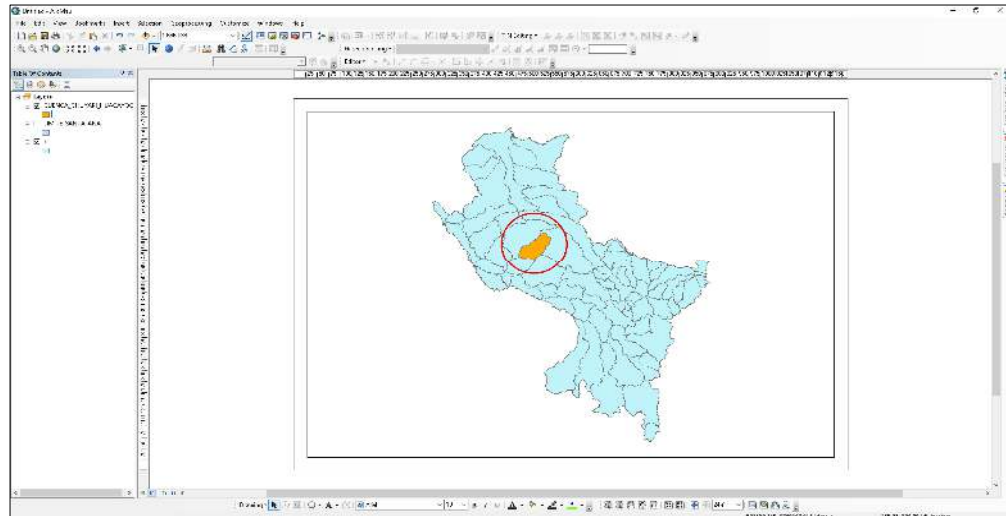
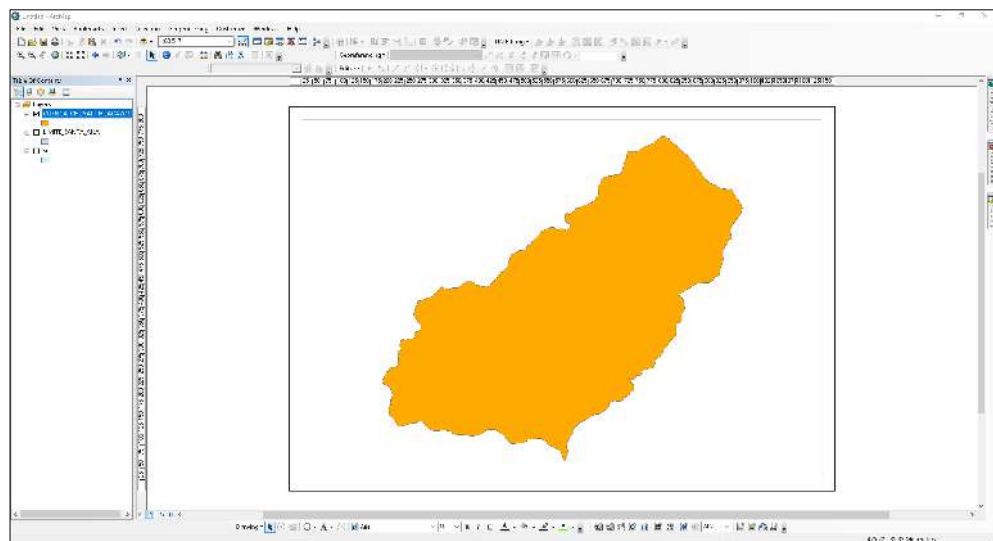


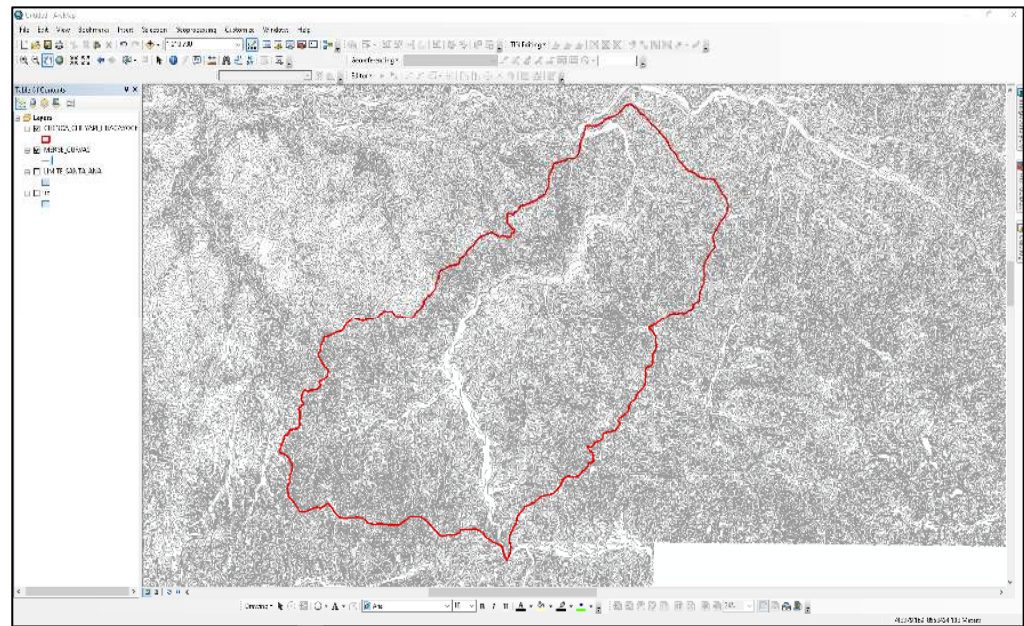
Figura 7: Área de influencia de la cuenca



- Incorporamos los archivos shapes de curva de nivel de las cartas nacionales 1/100,000 de que corresponde al Área de estudio y luego aplicamos el procedimiento de geoprocésamiento MERGE para su unión respectiva. Obteniendo el siguiente shape.

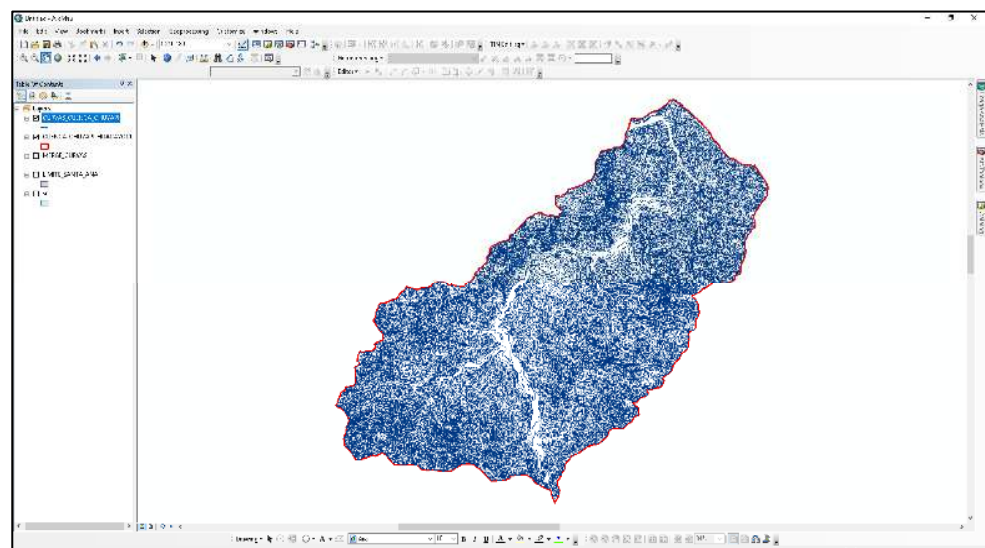


Figura 8: Delimitación de Área de influencia de la cuenca



- Efectuamos el análisis de geoprocésamiento de corte los shapes de curvas de nivel según el perímetro de la cuenca Huacayoc – Chuyapi, mediante la herramienta de corte CLIC. Dándonos el siguiente resultado:

Figura 9: Corte del Área de influencia de la cuenca

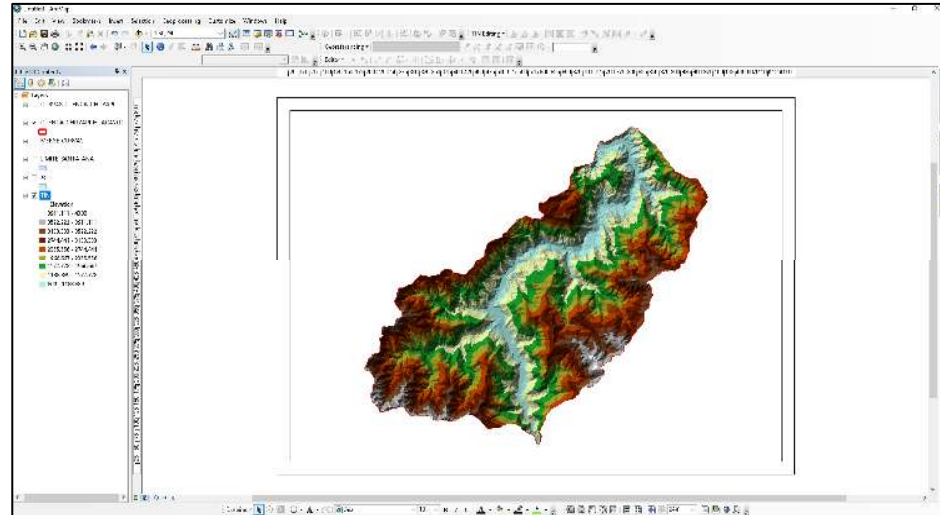


- Aplicamos el software SIG en el procesamiento de generación del TIN (red de triángulos irregulares) a partir de las curvas de nivel comprendidas en el perímetro de la cuenca Huacayoc – Chuyapi. obtenido aplicamos el



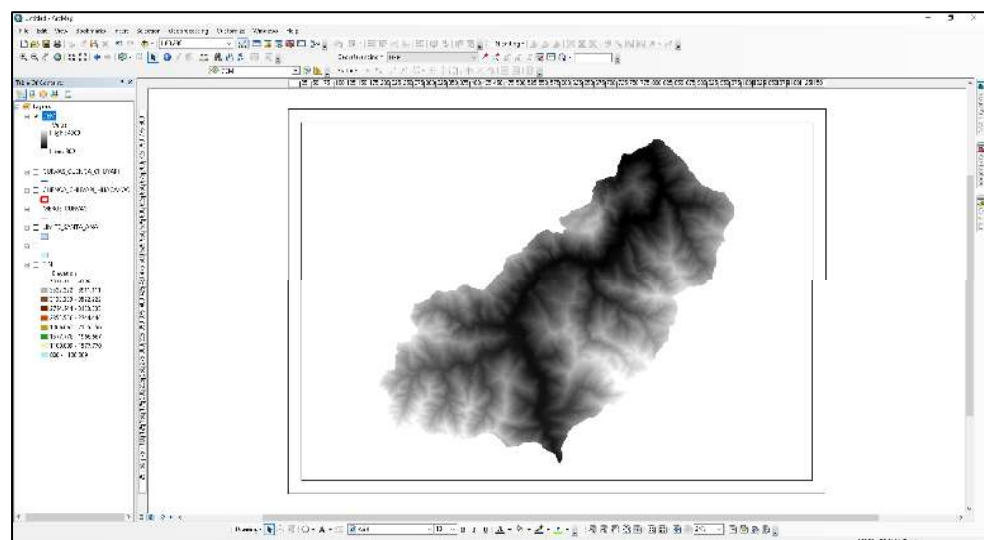
procedimiento de análisis en ArcToolbox (3d Analyst Tools/Data Management/ TIN/Create TIN), el resultado es el siguiente:

Figura 10: TIN del Área de influencia



- A partir del TIN (red de triángulos irregulares) obtenido aplicamos el procedimiento de análisis en ArcToolbox (3d Analyst Tools/Conversion/From TIN/TIN to Raster), obteniéndose el siguiente raster.

Figura 11: Conversión de TIN a Raster del Área de influencia de la cuenca

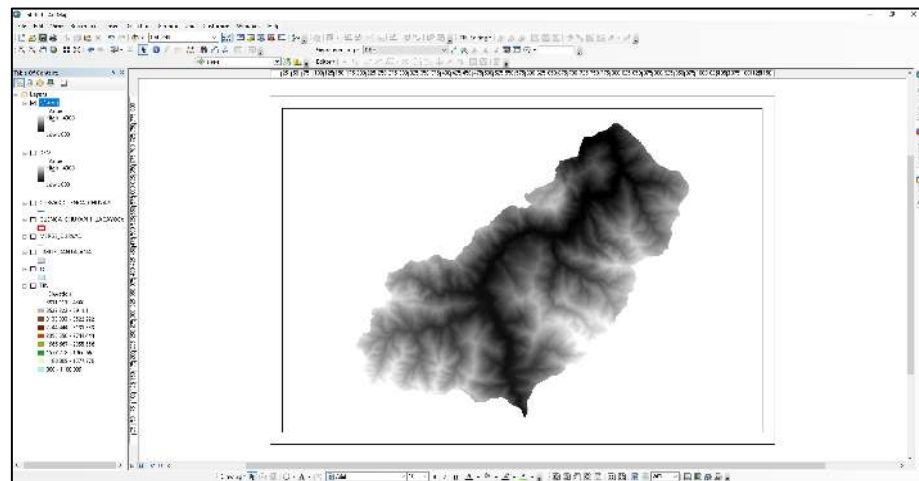




3.5.1.3. Delimitación de las cuencas

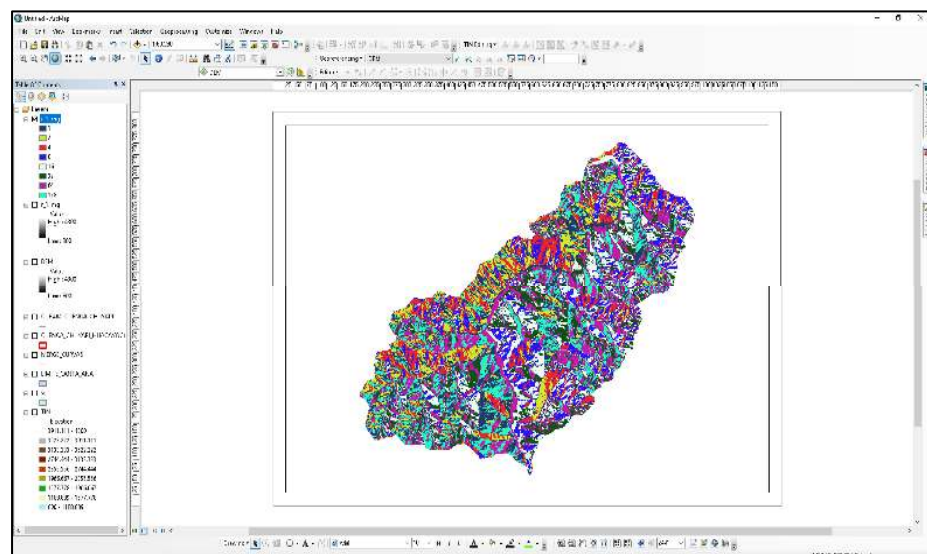
- Efectuamos la corrección de los errores que puedan presentar el DEM. Para ello nos vamos al procedimiento de análisis en ArcToolbox (Spatial Analyst Tools/Hidrology/Fill), obteniéndose el siguiente raster.

Figura 12: Análisis Espacial del Ráster



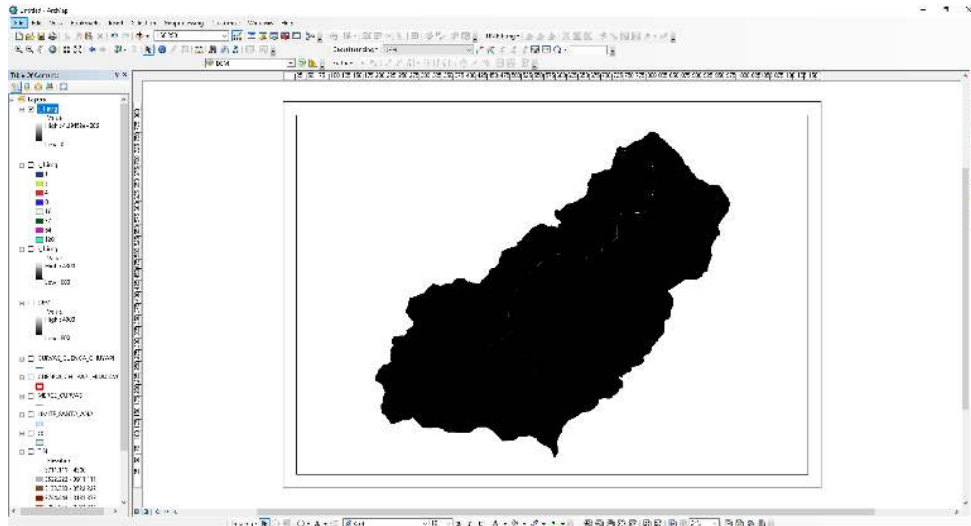
- A partir de la corrección del DEM hallamos la Dirección de Flujo, aplicando para ello ArcToolbox (Spatial Analyst Tools/Hidrology/Flow Direction), obteniéndose el siguiente raster.

Figura 13: Análisis del DEM del flujo



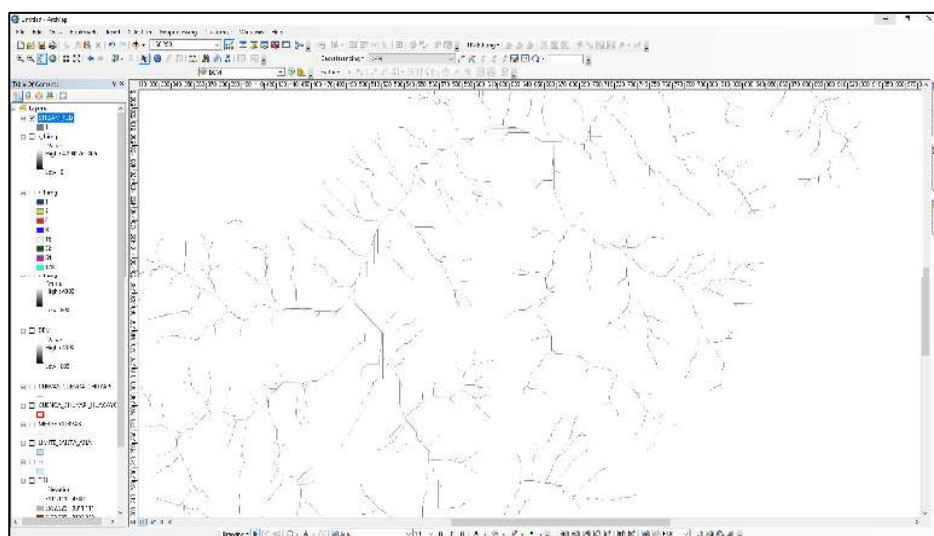
- Como siguiente paso se procede con hallar la acumulación de flujo para ello ArcToolbox (Spatial Analyst Tools/Hidrology/Flow Accumulation), obteniéndose el siguiente raster.

Figura 14: Conversión del DEM al Ráster



- Como siguiente paso en el procedimiento de análisis se obtuvo el Análisis de Corriente aplicando ArcToolbox (Spatial Analyst Tools/Map Algebra/Raster Calculator), en la herramienta de procesamiento colocamos la siguiente sintaxis “Con(“ACUMULACION>”20000,1)” obteniéndose el siguiente ráster.

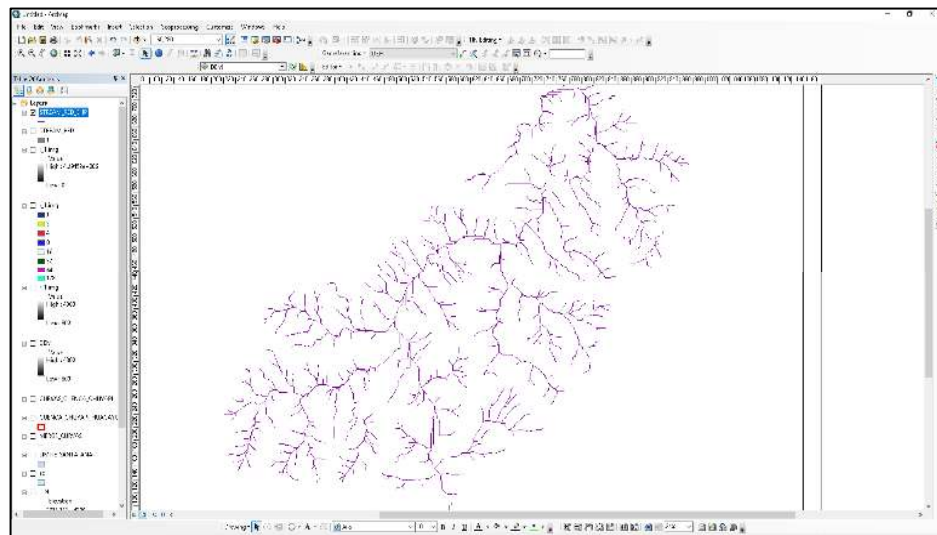
Figura 15: Análisis de Obtención del centroide del Área de influencia





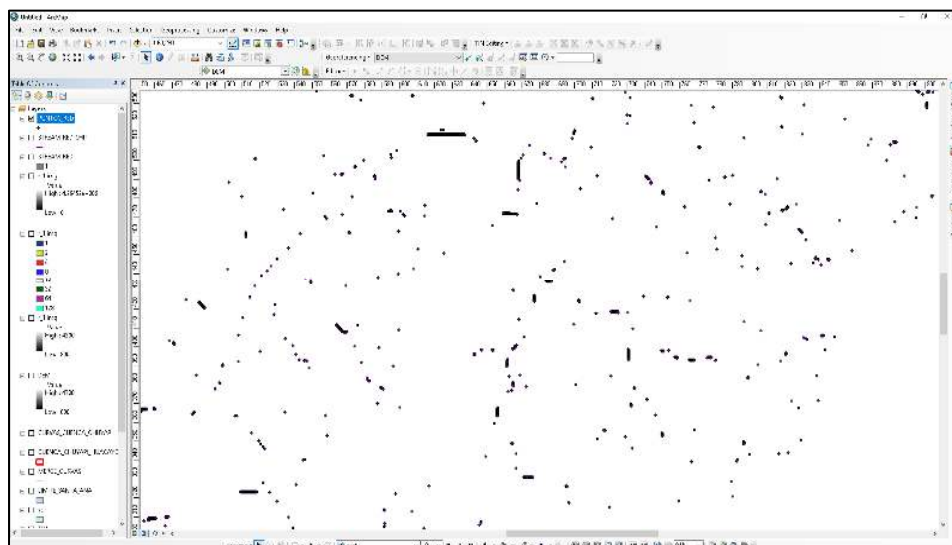
- El resultado obtenido en el ítem 3.4. es considerado raster por lo que es necesario convertirlo a formato shape, para tal fin aplicamos ArcToolbox (Conversion Tools/From Raster/Raster to Polyline). Se obtiene el siguiente resultado:

Figura 16: Conversión de ráster a shapefile



- A partir de esta etapa se determinó los puntos de descarga, para este proceso se aplicó ArcToolbox (Data Management Tools/Features/ Feature Vertices To Points). El resultado se muestra a continuación:

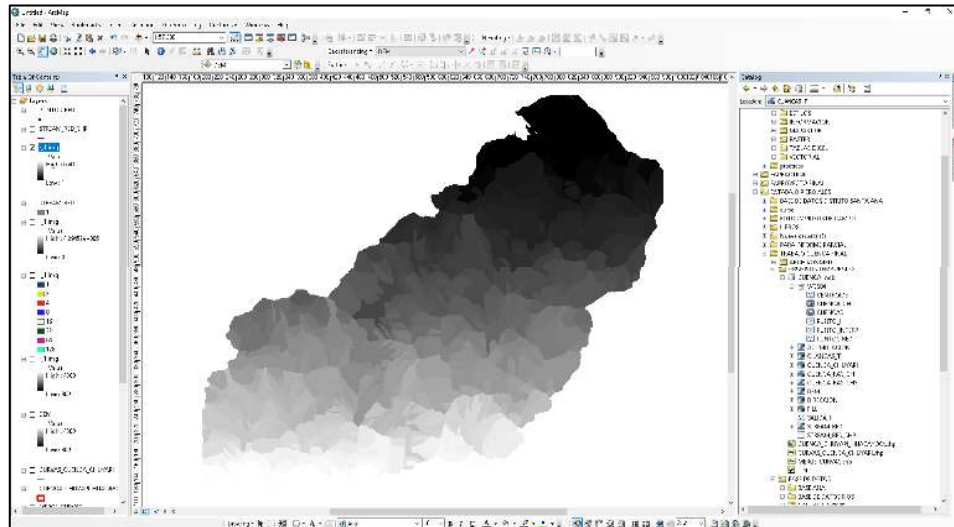
Figura 17: Puntos de descarga del área de influencia





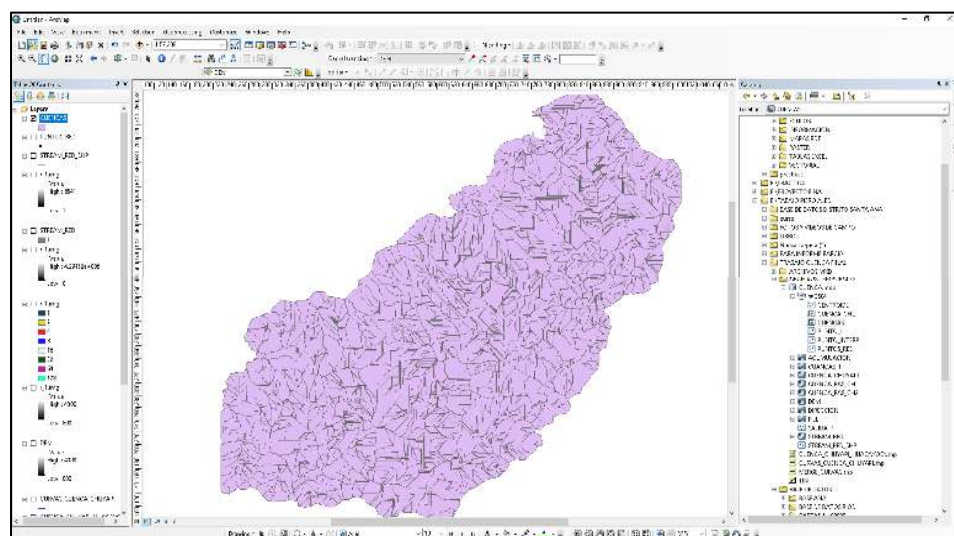
- Como procedimiento siguiente fue determinar las cuencas hidrográficas, para ello aplicamos ArcToolbox (Spatial Analyst Tools/Hidrology/Watershed), se obtiene el siguiente ráster:

Figura 18: Determinación de las cuencas hidrográficas dentro del área de influencia



- A partir del resultado logrado en el ítem 3.7. se procede a transformar es archivo raster a formato shape, para ello aplicamos la herramienta de análisis ArcToolbox (Conversion Tools/From Raster/Raster to Polygon), el resultado es un archivo de tipo shape, como se muestra a continuación:

Figura 19: Transformación de ráster a shapefile

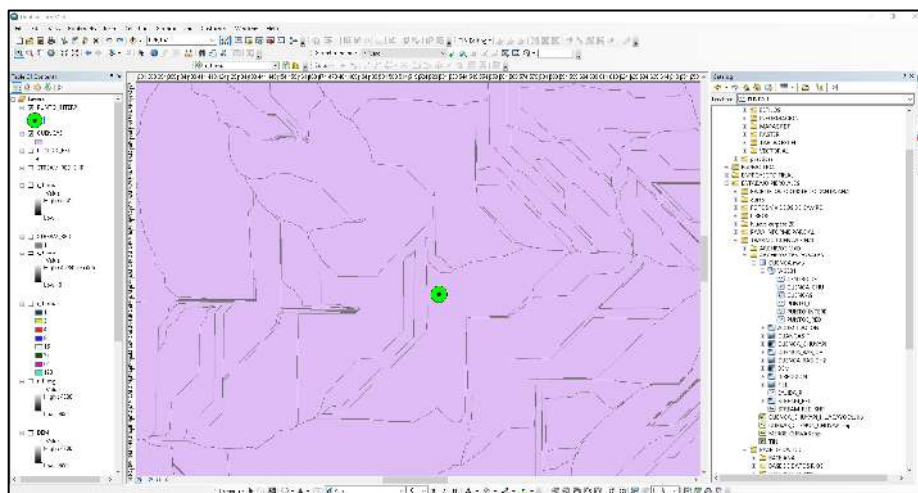




3.5.1.4. Delimitación de la cuenca de Chuyapi

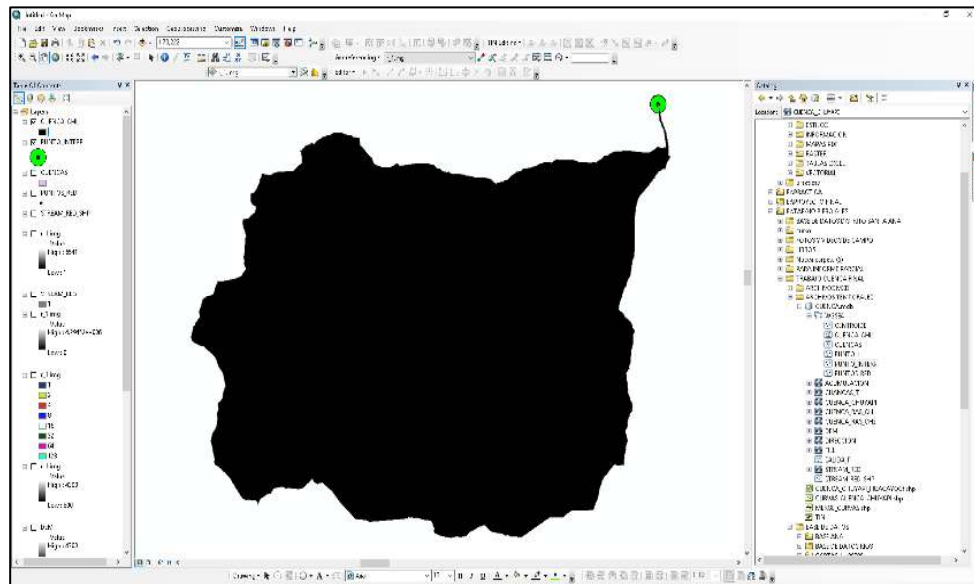
- Creamos un nuevo shape de tipo punto, el que debe ser ubicado en el punto de desembocadura de la cuenca a analizar; para su efecto, procedemos de la siguiente manera:
 - ✓ Creamos un nuevo Feature Class de tipo punto.
 - ✓ Iniciamos EDITOR y ubicamos el punto creado en la unión del río de la cuenca delimitada en este caso el río Chuyapi.
- Proseguimos el proceso aplicando ArcToolbox (3D Analyst Tools/Functional Surface/Interpolate Shape), se obtiene el siguiente vector tipo punto:

Figura 20: Punto de descarga de la cuenca del Chuyapi



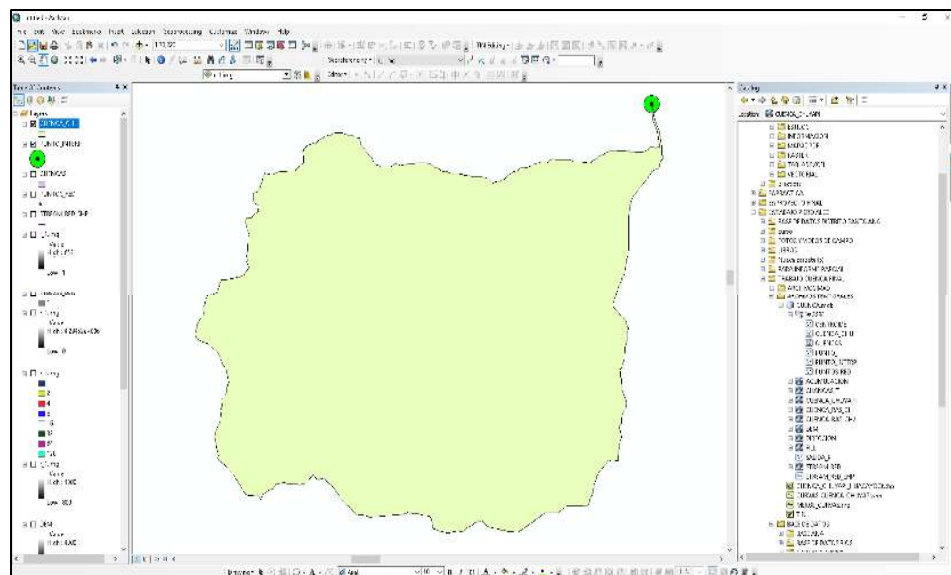
- Finalmente, para esta etapa aplicamos ArcToolbox (Spatial Analyst Tools/Hidrology/Watershed), y obtenemos la cuenca hidrográfica de Chuyapi, este resultado es un archivo de tipo ráster, tal como se observa en el siguiente gráfico:

Figura 21: Identificación en formato ráster



- Convertimos este archivo de la cuenca a formato shape para ello aplicamos ArcToolbox (Conversion Tools/From Raster/raster to Polygon), el resultado es la Cuenca de Chuyapi en formato shape, el resultado se observa en el siguiente gráfico:

Figura 22: Transformación de ráster a shapefile de la cuenca





3.5.1.5. Hallando Área y perímetro de la cuenca.

- Hallamos Área de la cuenca para ello creamos un campo de nombre Área en la tabla de atributos del shape CUENCA_ CHUYAPI, luego activamos EDITOR y aplicamos la herramienta CALCULATE GEOMETRY, obteniéndose:

- Área : 186.83009 Km².

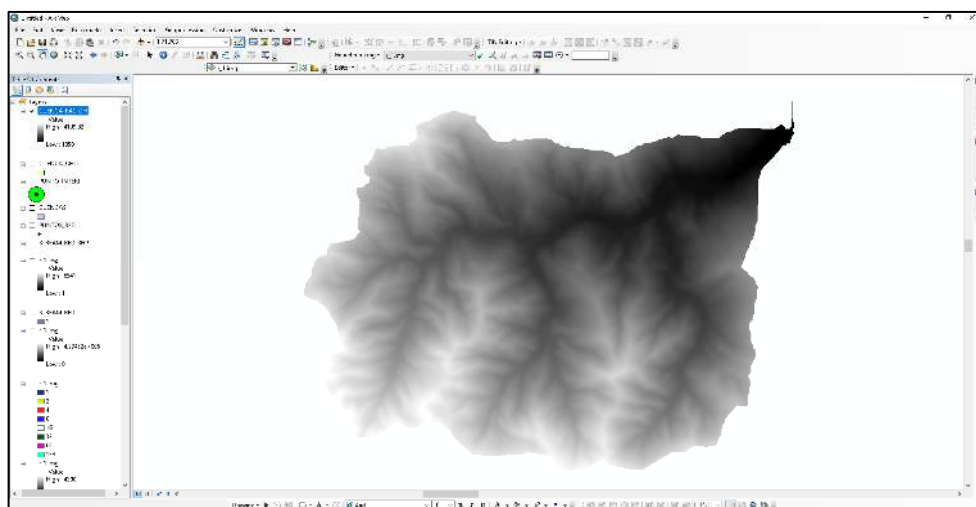
- Hallamos el perímetro de la cuenca para ello creamos un campo en la tabla de atributos con el nombre de PERÍMETRO del shape CUENCA_ CHUYAPI, luego activamos EDITOR y aplicamos la herramienta CALCULATE GEOMETRY, obteniéndose el siguiente resultado:

- Perímetro : 65.140447 Km.

3.5.1.6. Hallando cota máxima, cota mínima, cota de salida, diferencia entre cotas, centroides x & centroide y de la cuenca Chuyapi.

Para este proceso se activa en la Tabla de Contenidos el archivo de tipo ráster DEM y shape CUENCA_ CHU y con este cortamos de acuerdo al límite, para ello aplicamos las herramientas de ArcToolbox (Spatial Analyst Tools/Extraction/Extract by Mask), obteniéndose el siguiente resultado:

Figura 23: Procesamiento de la información en DEM





Procedemos con aplicar ArcToolbox (Spatial Analyst Tools/Reclass/Reclassify) para hallar la cota máxima y mínima de la Cuenca de Chuyapi, hallándose los siguientes resultados:

- Cota máxima : 4,199.82 msnm.
- Cota mínima : 1,050.00 msnm.

Para hallar la cota de salida procedemos a crear un shape de tipo punto, y lo ubicamos en el punto en el ráster DEM y aplicamos la herramienta ArcToolbox (Spatial Analyst Tools/Extraction/Extract Multi Values to Points), hallándose el siguiente resultado:

- Cota de salida : 1,050.00 msnm.

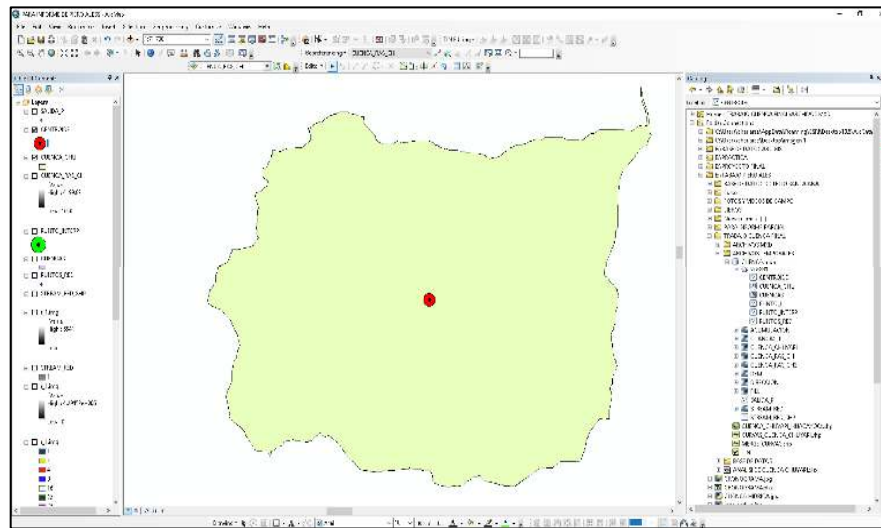
Para hallar el Centroide X procedemos a crear un campo en la Tabla de Atributos del shape CUENCA_CHU y aplicamos la herramienta Calculate Geometry. Efectuamos de igual manera para hallar el Centroide Y. Los resultados obtenidos son los siguientes:

- Centroide X : 740.9206510 Km
- Centroide Y : 8,570.141369 Km

Para representar el centrode en la cuenca de Chuyapi aplicamos la herramienta de ArcToolbox (Data Management Tools/Features/ Feature To Points), se obtiene el siguiente resultado:



Figura 24: Centroide de la cuenca Chuyapi



Hallamos la diferencia entre cotas (Cota mayor – Cota Menor), dándonos como resultado el siguiente dato:

- Diferencia ente cotas : 3,149.82

Finalmente, para esta etapa hallamos las coordenadas de la cota de salida, para ello aplicamos ArcToolbox (Data Management Tools/Features/Add XY Coordinates), los resultados obtenidos son los siguientes:

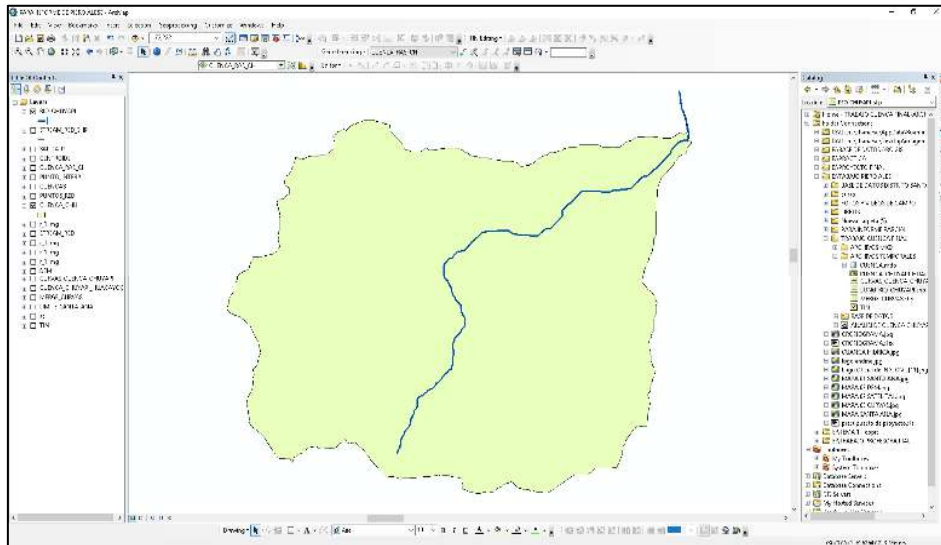
- Coordenada X : 749657.8117
- Coordenada Y : 8578103.1357

3.5.1.7. Rio principal, longitud y perfil.

Creamos un campo en la tabla de atributos del shape CUENCA_CHUYAPI con el nombre de “TIPO_RIO” de tipo texto, aplicamos EDITOR y seleccionamos el rio principal, proseguimos con aplicar la herramienta FIELD CALCULATOR colocando el nombre de “RIO_P” (se selecciona los ríos que forman el rio principal). El resultado se observa en el siguiente gráfico:



Figura 25: Rio principal



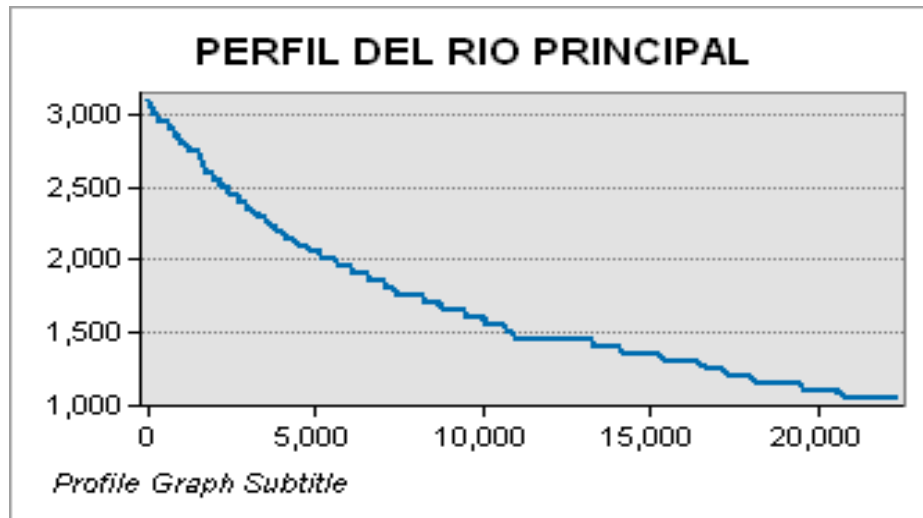
- El siguiente paso es hallar la longitud total del rio principal, para ello creamos un campo dentro de la tabla de atributos del shape LONG_RIO_CHUYAPI y mediante la herramienta Calculate Geometry hallamos la longitud teniendo como resultado el siguiente:

- Longitud rio : 22,315.086828 m
- Longitud rio : 22.315087 Km

- Procedemos a interpolar el shape creado (LONG_RIO_CHUYAPI) con el TIN mediante la herramienta ArcToolbox (3D Analyst Tools/Functional Surface/Interpolate) Shape); a partir de allí iniciamos EDITOR y activamos la herramienta 3D ANALYST, aplicamos la herramienta PROFILE GRAPH para hallar el **PERFIL DEL RIO PRINCIPAL**, teniendo como resultado el siguiente gráfico:



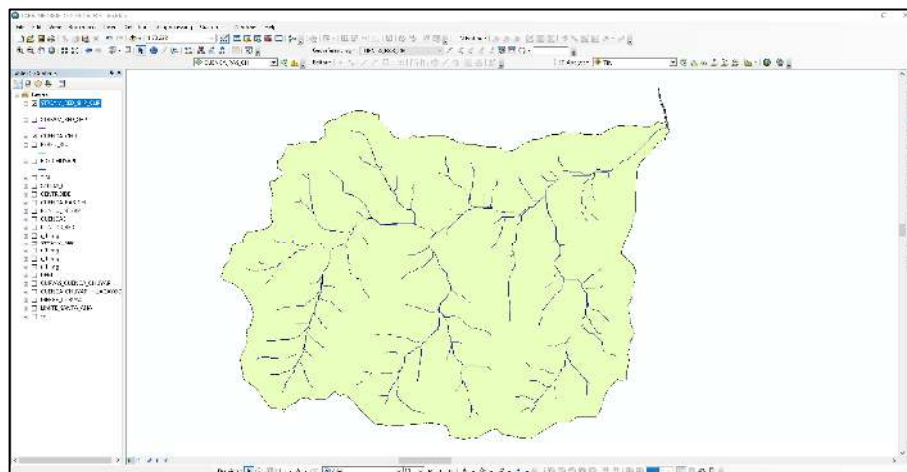
Figura 26: Perfil del río longitudinal



3.5.1.8. Longitud de red hídrica, densidad de drenaje, densidad de corriente y longitud de la cuenca.

Activamos los shapes STREAM_RED_SHP y CUENCA_CHU, luego cortamos los ríos que están dentro de la cuenca mediante la herramienta de geoprocésamiento CLIC. Obteniendo el siguiente gráfico:

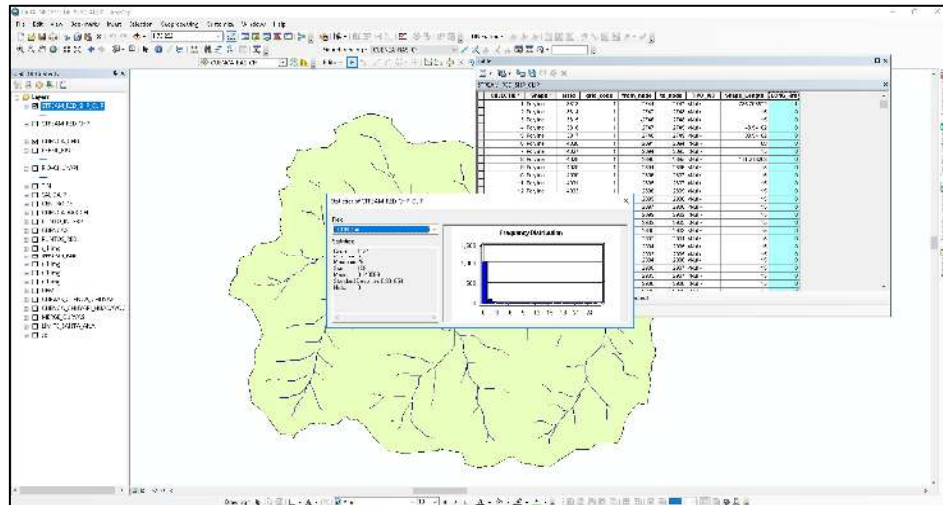
Figura 27: Densidad de Drenaje de la cuenca



Calculamos la longitud de todos los ríos de la red, para ello creamos un campo en la tabla de atributos del shape STREAM_RED_SHP; y mediante la herramienta STATISTICS hallamos la sumatoria de la red, teniendo el siguiente gráfico y resultado:



Figura 28: Longitud de ríos de la cuenca



- ✓ Longitud de red hídrica : 181,570.662868 m
- ✓ Longitud de red hídrica : 181.570662 Km

- Aplicando la fórmula respectiva para hallar la densidad de drenaje tenemos el siguiente resultado:

- Densidad de drenaje : 0.97184 km²/km.

- Para este proceso vamos al ArcGIS y verificamos el número de ríos existentes en la red hídrica, luego aplicamos la fórmula correspondiente, los datos para el procesamiento son los siguientes:

- ✓ Número de ríos de la red : 92
- ✓ Área de la cuenca : 186.83009 Km²

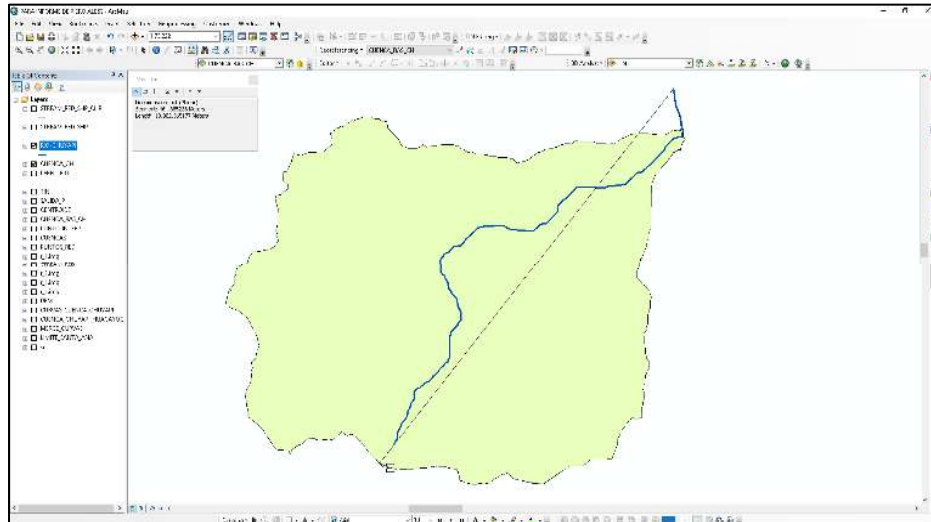
obteniendo el siguiente resultado:

- Densidad de corriente : 0.4924

- Para hallar la longitud de la cuenca (longitud en línea recta desde el punto de desembocadura hasta el punto más alejado de la cuenca relacionado con

el río principal) utilizaremos la herramienta MEASURE en el ArcGIS. El gráfico siguiente nos permite observar el procedimiento utilizado.

Figura 29: Longitud de la cuenca



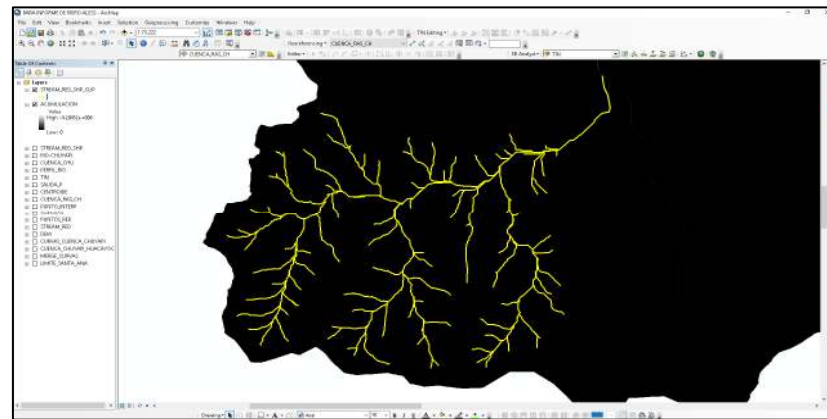
El resultado obtenido es el siguiente:

- Longitud de la cuenca: 18.43797 Km.

3.5.1.9. Generación de la red hídrica y longitud de órdenes.

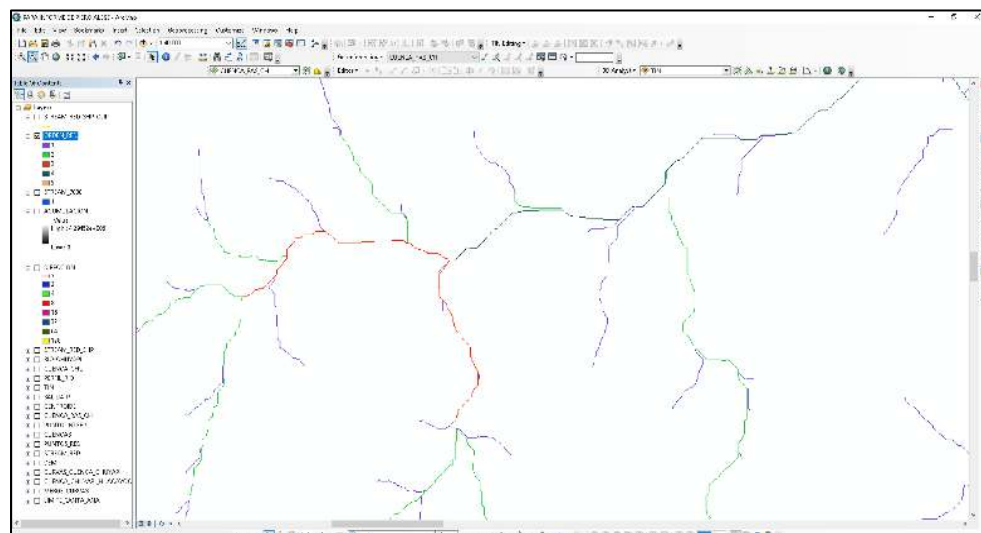
- En este proceso activamos el shape STREAM_RED_SHP y el ráster ACUMULACION; aplicamos la herramienta de procesamiento ArcToolbox (Spatial Analyst Tools/Map Algebra/Raster Calculator),

Figura 30: ráster de la red de drenaje



- Activamos los archivos STREAM_7000 y el ráster ACUMULACION. Aplicamos el análisis de geoprocésamiento, aplicando herramientas de ArcToolbox (/Spatial Analyst Tools/Hydrology/Stream Order); a partir de esto se obtiene los siguientes resultados:

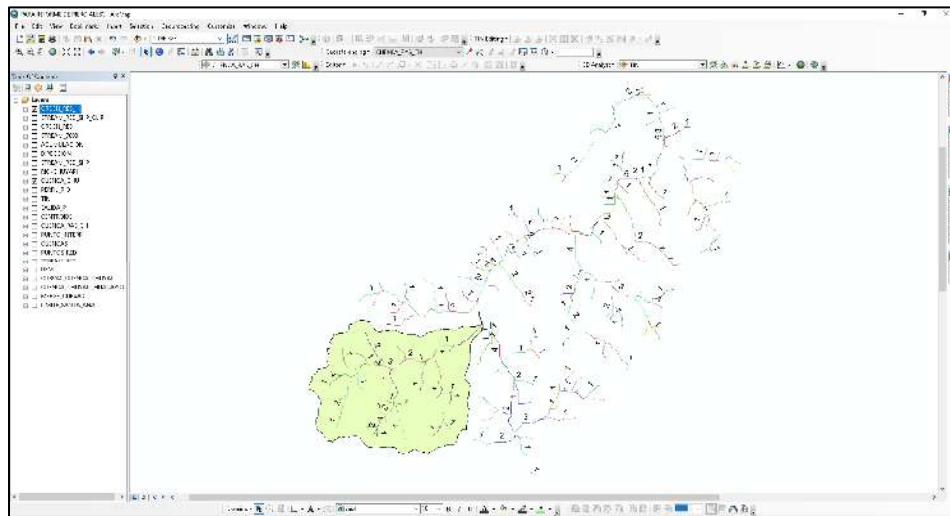
Figura 31: Stream 7000 y el ráster de acumulación



- El resultado anterior ha generado un ráster denominado ORDEN_RED, para proseguir con el análisis debemos convertirlo a formato vectorial, para ello aplicamos la herramienta de geoprocésamiento ArcToolbox (Conversion Tools/From Raster/Raster to Polyline), al resultado obtenido aplicamos simbología y aplicamos etiqueta respectiva. El resultado es el siguiente:

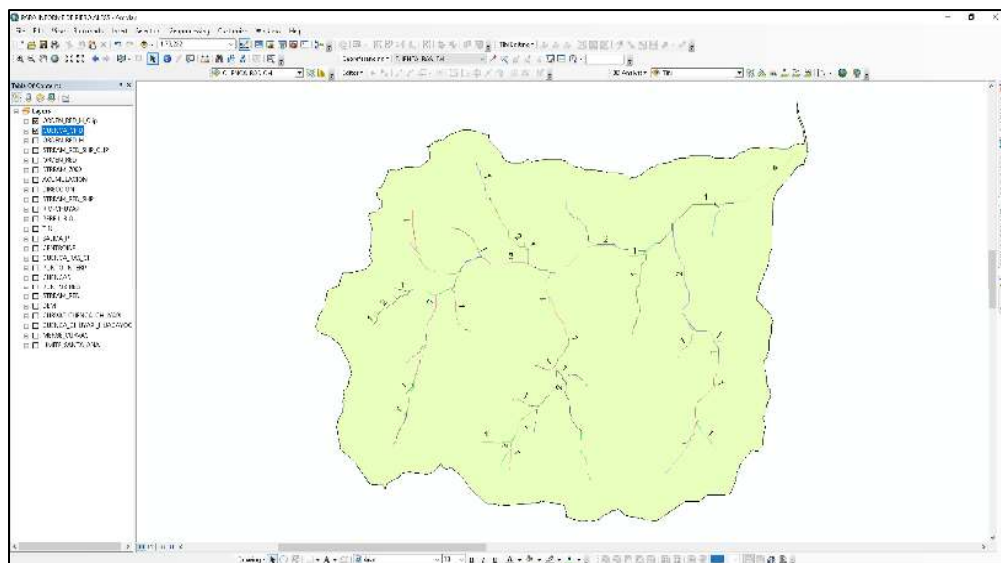


Figura 32: Red de drenaje en la cuenca y en el área de influencia



- Aplicamos herramienta de corte (CLIP) para extraer la red hídrica que corresponde a nuestra cuenca de estudio, obteniéndose el siguiente resultado:

Figura 33: Corte de la red de drenaje

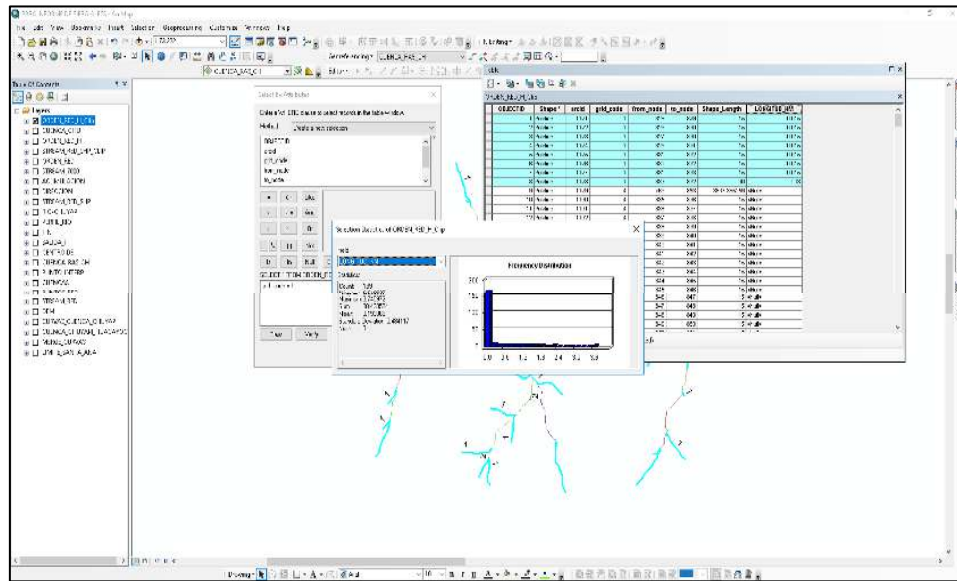


- Creamos un nuevo campo dentro de la tabla de atributos llamado LONGITUD_Km, y calculamos allí la suma total de longitudes de ríos de tipo 1,2,3 y 4, datos que servirán para procesos de análisis posterior, siendo el resultado el siguiente:



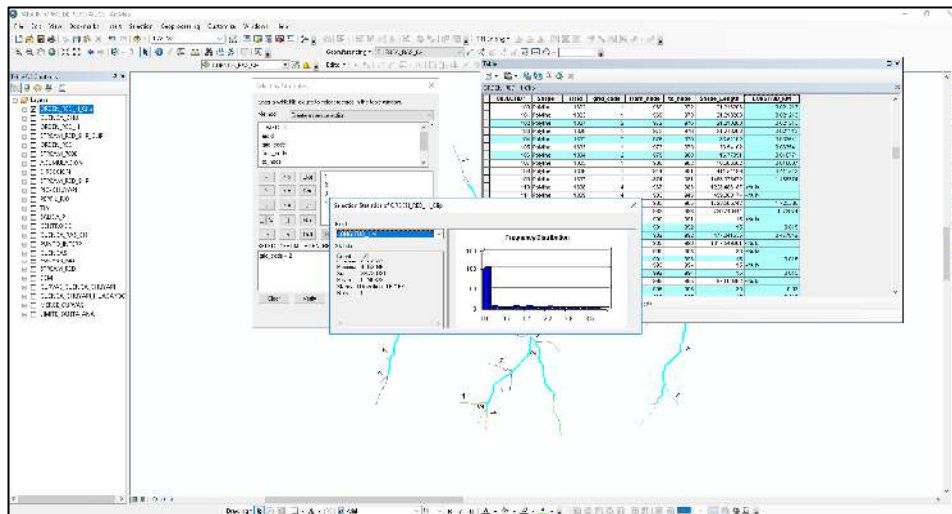
Para ríos de orden 1:

Figura 34: 1 Orden de ríos en la cuenca



Para ríos de orden 2:

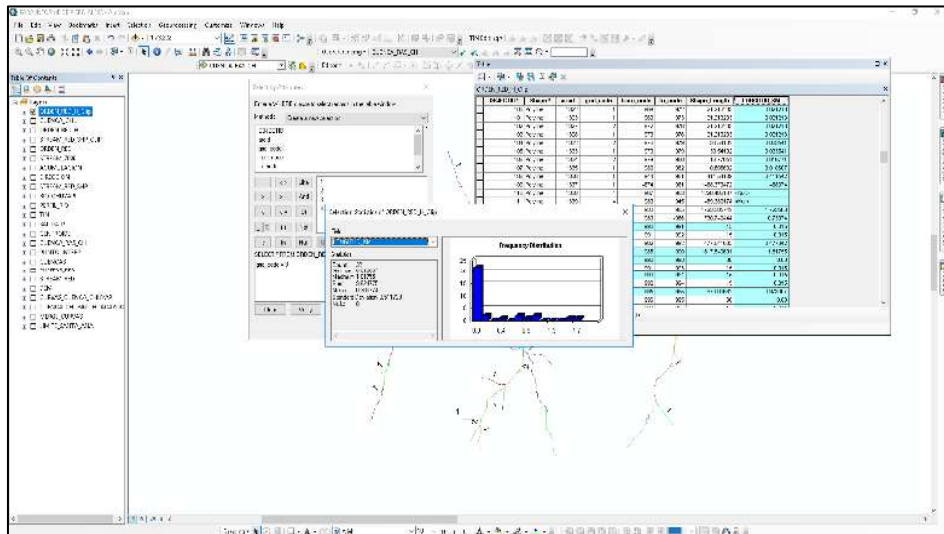
Figura 35: 2 Orden de ríos en la cuenca





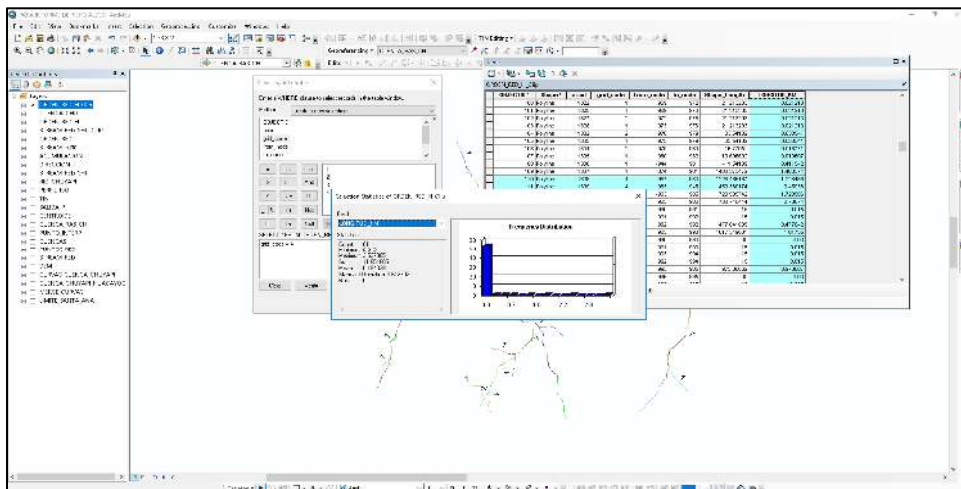
Para ríos de orden 3:

Figura 36: 3 Orden de ríos en la cuenca



Para ríos de orden 4:

Figura 37: 4 Orden de ríos en la cuenca



A partir de esto tenemos los siguientes resultados en relaciona suma de ríos según orden son los siguientes:

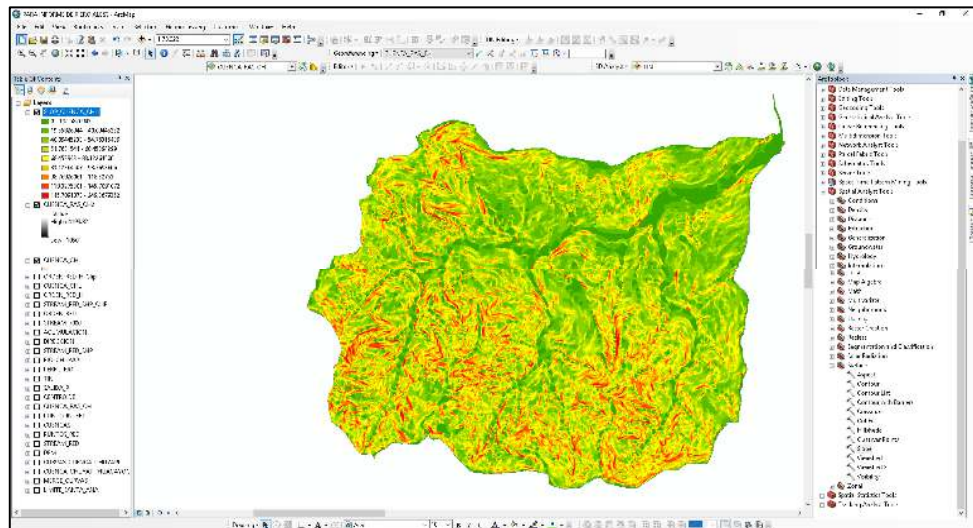
- ✓ Ríos de orden 1 : 38.420504 km
- ✓ Ríos de orden 2 : 29.720391 km
- ✓ Ríos de orden 3 : 9.624775 km
- ✓ Ríos de orden 4 : 11.854605 km



3.5.1.10. Pendiente promedio de la cuenca y curva hipsométrica de la cuenca.

Para esta etapa del proceso activamos los archivos CUENCA_HIDROGRAFICA y CUENCA_RAS_CHU, aplicamos la herramienta de geoprocésamiento ArcToolbox (Spatial Analyst Tools/Surface/Slope), se obtiene el siguiente resultado:

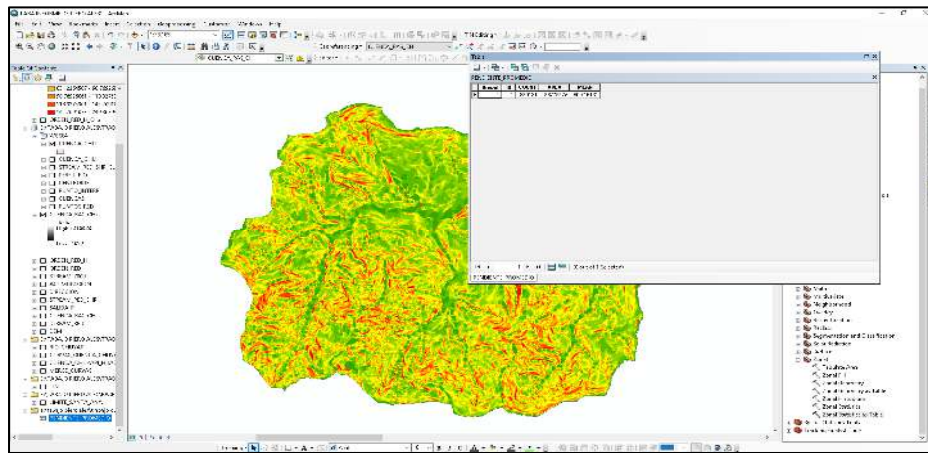
Figura 38: Altitudes de la cuenca



- Procedemos a aplicar el geo proceso en ArcToolbox (Spatial Analyst Tools/Zonal/Zonal Statistic as Table), este proceso permite lograr la creación de una tabla en la que contiene las pendientes promedio de la cuenca, este cuadro se muestra a continuación:



Figura 39: Pendiente de la cuenca

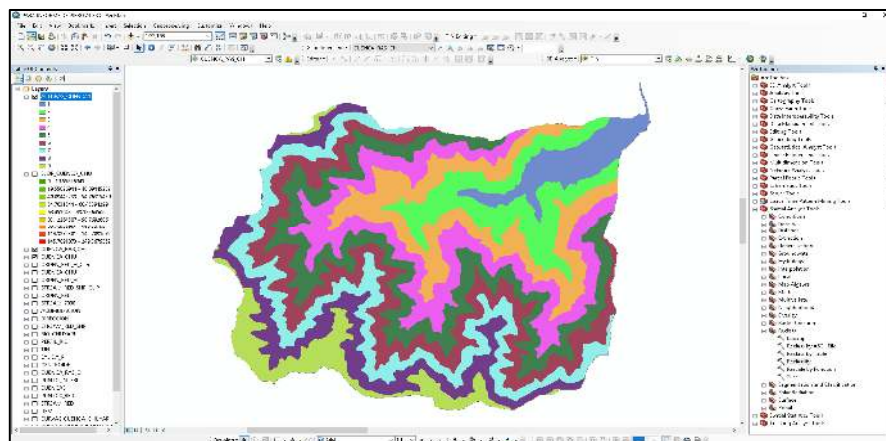


El resultado que se obtiene para la pendiente promedio es:

✓ Pendiente promedio : 60.716131 %

- A continuación, vamos a generar la curva Hipsométrica, para ello trabajaremos con el archivo CUENCA_RAS_CHU y aplicaremos herramientas de geo procesamiento ArcToolbox (Spatial Analyst Tools/Reclass/Reclassify), siendo el resultado el siguiente:

Figura 40: Relación de alturas y áreas para la curva hipsométrica



- Aplicamos nuevamente ArcToolbox (Spatial Analyst Tools/Zonal/Zonal Statistics as Table), para ello utilizamos archivo generado en el ítem 10.3. el resultado es la siguiente tabla:

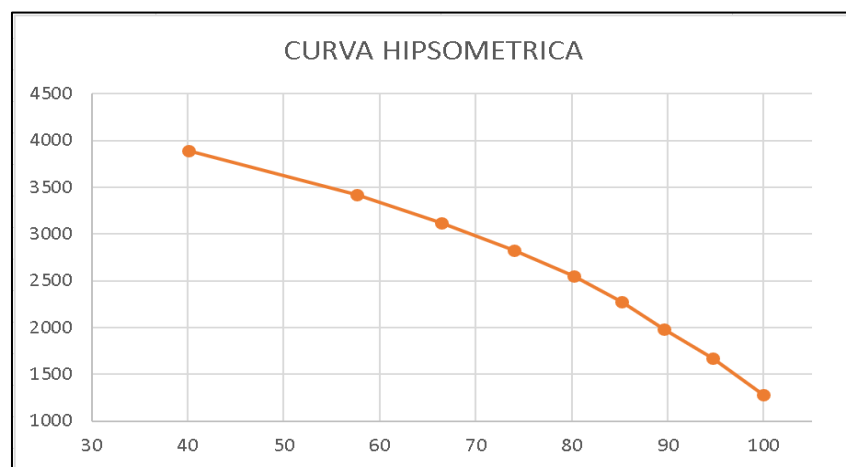


2274.248169	85.23279039
2551.085938	80.21503835
2827.925415	74.00073554
3117.072388	66.43071739
3418.528687	57.65132527
3886.074219	40.11906246

Fuente: Elaboración Propia

- A partir del dato anterior obtenemos la CURVA HIPSOMÉTRICA.

Figura 43: Curva Hipsométrica

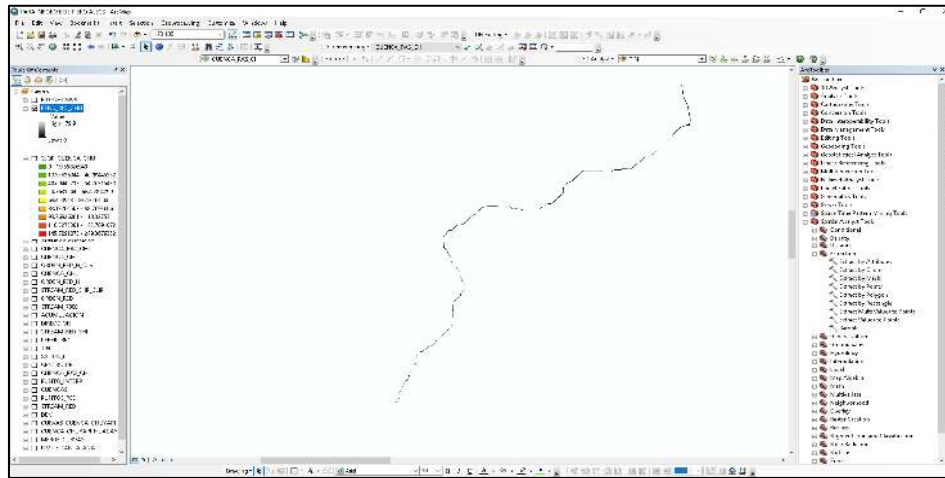


3.5.1.11. Pendiente Promedio del río principal, Pendiente Promedio de red hídrica, Coeficiente de Gravelius y Coeficiente de Elongación de la cuenca Chuyapi.

- Procedemos a activar el archivo SLOP_CUENC_CHU de tipo ráster, así mismo el vector RIO_CHUYAPI; aplicamos ArcToolbox (Spatial Analyst Tools/Extraction/extract by Mask),

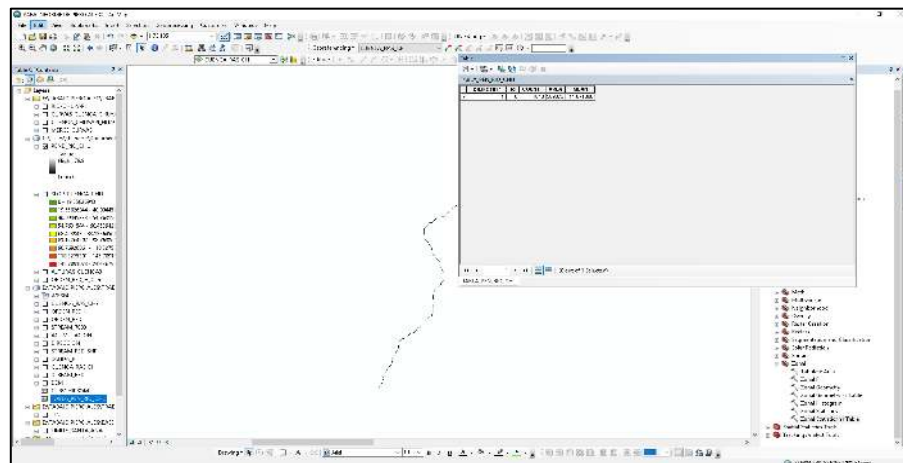


Figura 44: Rio principal de la cuenca



- Aplicamos la herramienta de geoprocésamiento ArcToolbox (Spatial Analyst Tools/Zonal/Zonal Statistics as Table), para hallar la pendiente promedio del rio Chuyapi, el resultado es el siguiente:

Figura 45: Pendiente del rio principal



Como se observa el gráfico anterior la pendiente promedio tiene el siguiente resultado:

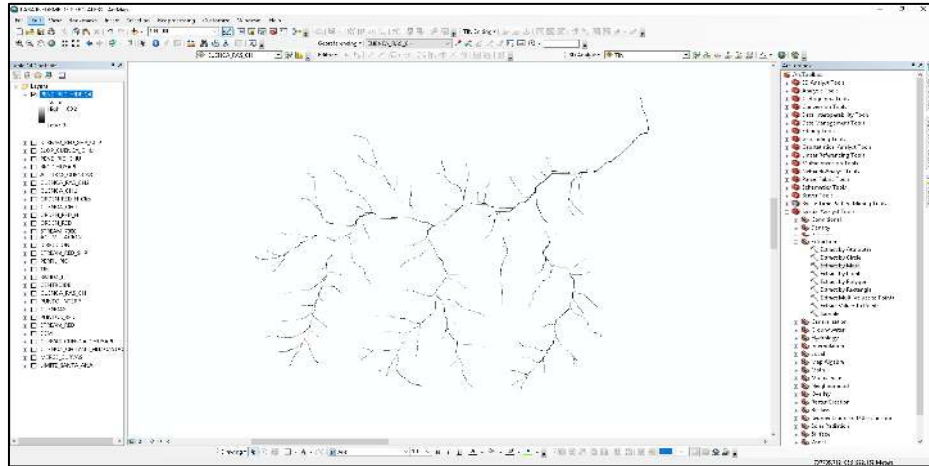
✓ Pendiente de promedio rio principal: 11.67 %

- Procedemos a calcular la PENDIENTE PROMEDIO DE LA RED HÍDRICA; para este caso utilizaremos el archivo RIOS_CUENCA y SLOP_CUENCA-CHU



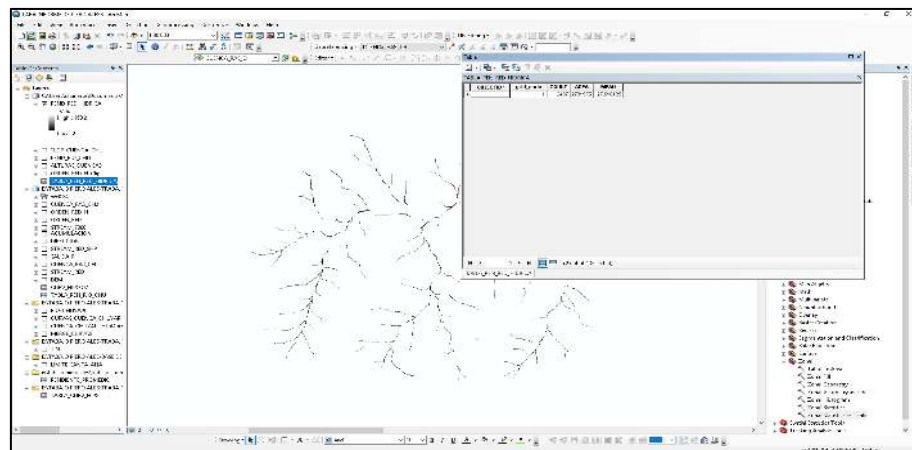
y para el proceso de georreferenciación ArcToolbox (Spatial Analyst Tools/Extracción/Extract by Mask), el resultado se muestra en el siguiente gráfico:

Figura 46: Red de Drenaje de la Cuenca



- Procedemos a aplicar la herramienta de geoprocésamiento en ArcToolbox (Spatial Analyst Tools/Zonal/Zonal Statistics as Table), como resultado se tiene el siguiente dato:

Figura 47: Pendiente de la red de drenaje



Por lo tanto, el resultado obtenido es:

- ✓ Pendiente promedio de red hídrica: 11.67%

3.5.1.12. Índice de Densidad Lacustre de la cuenca.

Para este procedimiento utilizaremos las Cartas Nacionales 1/100,000 que corresponden a lagunas aplicamos el proceso efectuado en el ítem 2.3. y 2.4. obtenemos el siguiente resultado:

Figura 48: Área de la cuenca

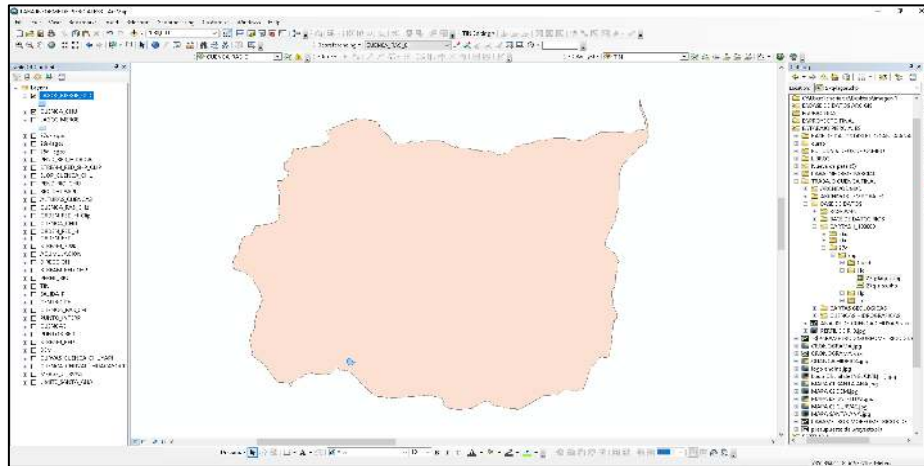
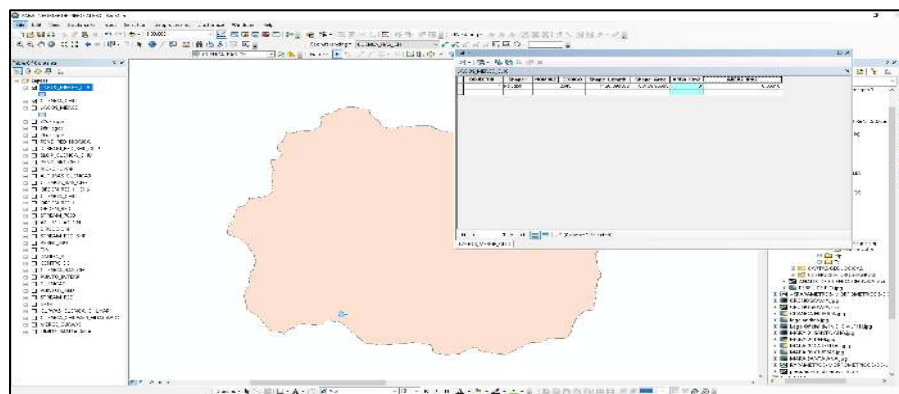


Figura 49: Densidad de lacustre de la cuenca



Como se observa se tiene como resultado el siguiente dato:

- ✓ Área de cuenca : 186.83009 km²
- ✓ Área de lagos : 0.06816 km²

Aplicando la fórmula correspondiente tenemos que el Índice de densidad lacustre es:



- IL : 3.6482

Tabla 6: Índices biofísicos de la cuenca de Chuyapi

VARIABLE	PARÁMETRO	SÍMBOLO	EXPRESIÓN	UNIDADES
ESCALA DE LA CUENCA	Área	A	Se mide sobre el plano o mapa (aplicación SIG)	km^2
	Área del rectángulo equivalente de la cuenca	A_r	$A_r = L a_{máx}$	km^2
	Perímetro	P	Se mide sobre el plano o mapa (aplicación SIG)	km
	Longitud	L	Se mide sobre el plano o mapa (aplicación SIG) La longitud de la cuenca (L ó Lc), es la distancia entre la salida y el punto más alejado, cercano a la cabecera del cauce principal, medida en línea recta	km
	Ancho promedio	a	$a = \frac{A}{L}$ ó $a_{máx} = \frac{A}{L_c}$	km
	Ancho máximo	$a_{máx}$	Se mide sobre el plano o mapa (aplicación SIG), pasa próximo al centro de gravedad.	km
	Diámetro	D	$D = \sqrt{\frac{4A}{\pi}}$	km
	Perímetro de un círculo igual al Área de la cuenca	P_C	$P_C = \sqrt{\frac{4A}{\pi}}$	km
	Altitud mínima	h	Se mide sobre el plano o mapa (aplicación SIG)	msnm
	Altitud máxima	H	Se mide sobre el plano o mapa (aplicación SIG)	msnm



Altitud media		Estimada con el software para GIS	
Relieve máximo		$Rm = H - h$	
Radio de relieve	R	$R = \frac{Rm}{z}$	msnm/Km
Relieve relativo	Rr	$Rr = \frac{Rm}{P}$	-
Pendiente media		Estimada con el software para GIS	m/m
Altitud de la naciente de la corriente principal	H_{nac}	Se mide sobre el plano o mapa (aplicación SIG)	
Altitud del desagüe de la corriente principal	h_{des}	Se mide sobre el plano o mapa (aplicación SIG)	
Pendiente media del perfil longitudinal de la corriente principal desde la naciente hasta la desembocadura	p_{cpm}	Estimada gráficamente con software Excel	m/m
Relieve máximo de la corriente principal	$Rmcp$	$Rmcp = H_{nac} - h_{des}$	
Factor topográfico	Ft	$Ft = \frac{Rm}{Rr} = \frac{Rm}{\frac{Rm}{z}} = z$	-
Integral Hipsométrica		$\int_{h_1}^{h_2} f(h) dh$	-
Coefficiente de masividad		$C_m = \frac{A_m}{A_c}$	msnm/m ²
Coefficiente orográfico	Co	$Co = A_m C_m$	-
Numero de rugosidad	NR	$NR = \frac{Rm}{Rr} = z$	-
Tipo de cuenca según la clase de	-	Interpretación de curvas de nivel en el plano o mapa. Características preestablecidas	-



FORMA DE LA CUENCA	vertientes				
	Elongación	$\frac{L}{L_c}$	$\frac{L}{L_c} = \frac{L_c}{L}$	-	
	Perímetro relativo de crenulación	Prc	$Prc = \frac{P}{L_c}$	-	
	Coefficiente de compacidad (Kc) o índice de Gravelius (Ic)	Kc	$Kc = 1,273 \frac{P}{\sqrt{A}}$	-	
	Índice de alargamiento	Ia	$Ia = \frac{L}{L_c}$	-	
	Índice de homogeneidad	Ih	$Ih = \frac{A}{L^2}$	-	
	Factor de Forma	Ff	$Ff = \frac{A}{L^2}$ ó $Ff = \frac{A}{L_c^2}$	-	
	Alargamiento de Caquot	Ac	$Ac = \frac{L}{L_c}$	-	
	Radio de elongación ó Relación de elongación	Re	$R_e = \frac{L_c}{L}$ ó $R_e = 1,1284 \frac{\sqrt{A}}{L_c}$	-	
	Radio de circularidad	R_c	$R_c = \frac{L_c}{P}$ ó $R_c = \frac{L_c^2}{P^2}$	-	
	Índice de forma	If	$If = \frac{P}{\sqrt{A}}$	-	
	Índice entre el largo y el Área de la cuenca	$I_{L/A}$	$I_{L/A} = \frac{L^2}{A}$	-	
	Coefficiente de forma	Cf	$Cf = \frac{a_m}{L}$ a_m = ancho medio de la cuenca	-	
	Coefficiente de forma	$C_{L/A}$	$C_{L/A} = \frac{L^2}{A}$ <small>a_m = Ancho medio de la cuenca L_m = Longitud media de la cuenca (distancia entre la red y el punto más alejado de la cuenca).</small>	-	
Coefficiente de redondez	C_r	$C_r = \frac{P^2}{L_c^2}$	-		
EXTENSIÓN DE	Longitud de la corriente principal	L_{cp}	Se mide sobre el plano o mapa (aplicación SIG)	L_{cp}	



LA RED			$L_{tc} = \sum L_c$	
DE DRENAJE	Longitud total de las corrientes de la red de drenaje	L_{tc}	L_c = longitud de cada una de las corrientes de red de drenaje. Se miden sobre el plano o mapa con un curvímetro o SIG	km
	Sinuosidad total de la corriente principal	S	$S = \frac{L_{cp}}{L_{min}}$	-
	Densidad de drenaje	D_d	$D_d = \frac{L_{tc}}{A}$ ó $D_d = \frac{L_c}{A}$ Es: cociente entre la longitud total (Lt) de los cauces pertenecientes a su red de drenaje y la superficie de la cuenca (A):	km ² /km
	Densidad hidrográfica	D_h	Se define como el cociente entre el número de segmentos de canal de la cuenca y la superficie de la misma Donde Nt, es la suma de todos los segmentos de canal que forman la red hidrográfica de la cuenca, entendiendo como tales a todo tramo de canal que no sufre aporte alguno de otro canal	
	Patrón o tipo de drenaje	-	Interpretación del arreglo y orientación de las corrientes que conforman la red de drenaje sobre el plano o mapa	-
	Textura de drenaje	-	Valores estándares pre establecidos	-
	Coefficiente de mantenimiento del canal	C_{mc}	$C_{mc} = \frac{A}{L_{tc}}$	km ² /km
	Extensión media de la de la esorrentía superficial	E_m	$E_m = \frac{A}{4L_{tc}}$	km



Sinuosidad total de la corriente principal	s	$S = \frac{L_{cp}}{L_{min}}$	-
--	---	------------------------------	---

Fuente: Elaboración propia.

3.5.2. Procedimiento metodológico para el análisis multitemporal de la cuenca de Chuyapi.

Para esta etapa del proceso en la que tiene como objetivo el análisis multitemporal de la cuenca se desarrolló en base a imágenes satelitales extraídas del año 1992-2000 mediante el sistema satelital de Galileo de la UE bajo los satélites SENTINEL y posteriormente para los años siguientes desde el año 2000 al 2015 los cuales forman parte de las misiones de satélites LANDSAT perteneciente a la NASA, estas imágenes satelitales recibieron un tratamiento previo y fueron preparadas para su posterior análisis. El análisis de comparación multitemporal se llevó a cabo efectuando la combinación de bandas espectrales y su comparación entre el periodo 1992 y 2015 para determinar los cambios de usos de suelo y cubierta vegetal que se han sufrido en el Área de estudio.

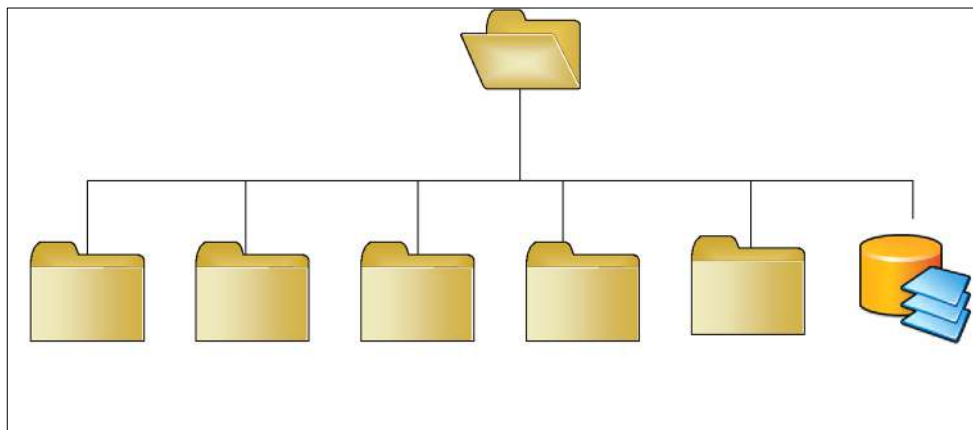
3.5.2.1. Gestión de archivos de trabajo

En esta etapa desarrollamos los aspectos referidos a establecer los archivos base y archivos generados para el desarrollo del análisis multitemporal de la cuenca, considerando para ello la creación de una carpeta matriz que incluye subcarpetas adicionales (IMÁGENES LANDSAT, IMÁGENES PROCESADAS, ARCHIVOS TEMPORALES, TEMPORALES, TABLAS y DATOS BASE) y GDB.

La estructura de organización de archivos es de la siguiente:



Figura 50: Estructura de organización de archivos



Fuente: Elaboración propia.

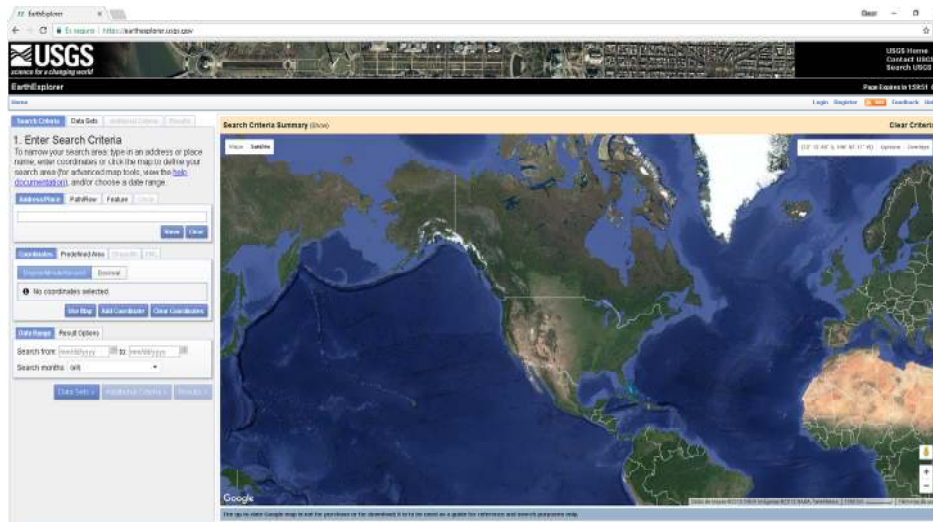
- a. MATRIZ: Contiene todas las subcarpetas.
- b. TEMPORALES: Contiene ráster producido en el desarrollo del análisis mediante Software SIG.
- c. TABLAS: Archivos de tipo *.xls y *.doc.
- d. DATOS BASE: Contiene información de base producida a partir de las cartas nacionales 1:100,000, Cartas geológicas, base de datos MINAM, base de datos MTC, base de datos ANA, Cuencas hidrográficas generados en la etapa de análisis biofísicos de la cuenca.
- e. IMÁGENES LANDSAT: Imágenes satelitales obtenidas de los portales oficiales de la NASA.
- f. IMÁGENES PROCESADAS: Imágenes que han sido trabajadas por el software y bajo el procedimiento metodológico que permita un análisis. Estas imágenes son la base de la elaboración de los mapas temáticos.
- g. GDB: Archivos generados de tipo RASTER.

3.5.2.2. Obtención de imágenes satelitales.

Esta es una etapa importante para el proceso de análisis multitemporal, consiste en la adquisición de imágenes LANDSAT5 TM y LANDSAT ETM+. Las imágenes obtenidas para el presente análisis fueron extraídas de la página USGS que se accede mediante el link earthexplorer.usgs.gov. También podemos descargarla del sitio <http://glovis.usgs.gov/>.



Figura 51: PORTAL USGS – PROYECTO LAND SAT.



En esta página creamos una cuenta, para ello nos desplazamos a REGISTER, Se llenan los datos requeridos por el portal, luego, se procede con la búsqueda de la zona de interés de estudio, se determina que satélites serán la fuente de las imágenes, el periodo de obtención de las imágenes satelitales y se procede a su descarga. En nuestro caso las imágenes satelitales corresponden a los años 1999 y 2014.

También se procedió a descargar imágenes satelitales proporcionados por la ESA del programa Land Cover desde el año 1992 al 2015, las que tienen una resolución de 300m. El link para la descarga es <http://maps.elie.ucl.ac.be/CCI/viewer/>



Figura 52: PORTAL ESA – ESA LAND COVER



En relación a las imágenes satelitales que se obtuvieron para este proceso fueron seleccionadas con el menor porcentaje de cobertura de nubes (porcentaje menor a 20%).

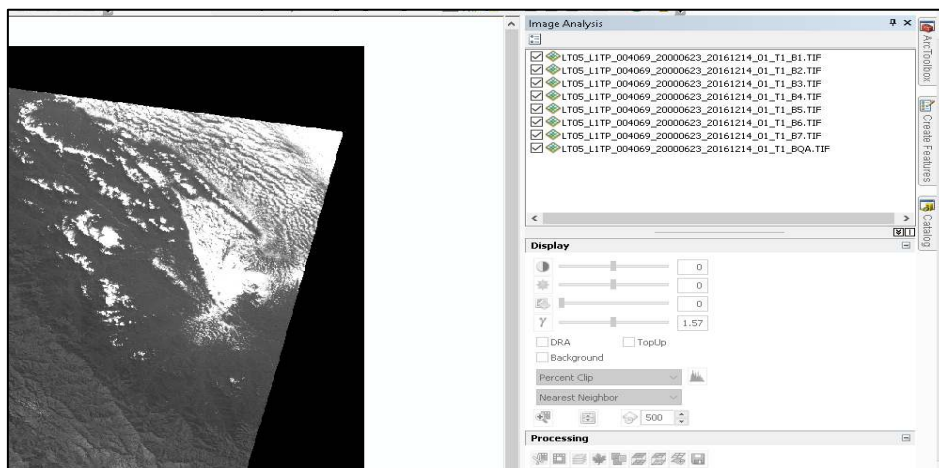
3.5.2.3. Procesamiento previo de imágenes.

- Procedemos a la corrección geométrica, que es el procedimiento mediante el cual se dota de validez cartográfica a una imagen digital, corrigiendo geoméricamente la posición de las celdas y atribuyéndoles coordenadas en algún sistema de referencia. (Pinilla, C., 1995). En el caso de nuestro estudio a el sistema UTM datum WGS 84 SUR.
- Posteriormente procedemos con la corrección radiométrica Se entiende por Corrección Radiométrica cualquier proceso conducente a la restauración de los niveles digitales (ND) originales de una imagen para acercarlos a los valores que hubieran tenido en condiciones de recepción ideales y en ausencia del efecto atmosférico” (Chuvieco, 2002; Pinilla, 1995).
- En el caso de las imágenes satelitales ESA Land Cover han sido procesadas y estas han sido codificadas para su procesamiento y análisis estadístico.

3.5.2.4. Composiciones de bandas satelitales para análisis multitemporal.

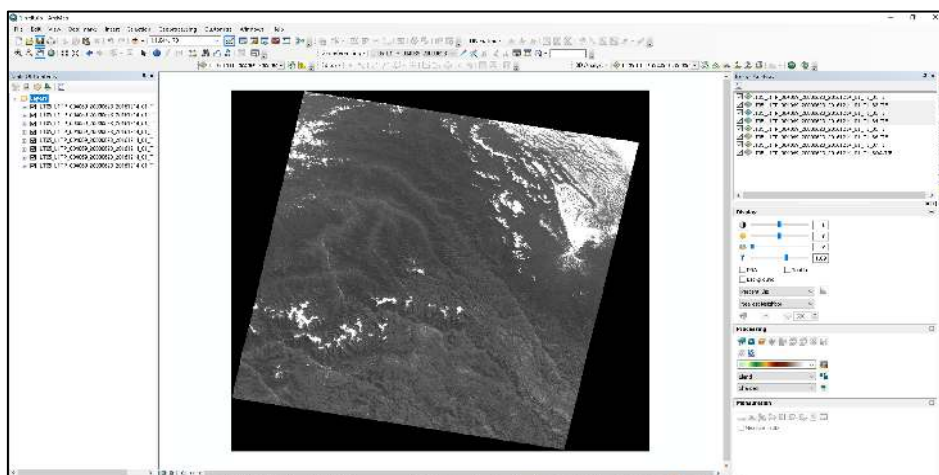
- a. En esta etapa se procedió a utilizar la herramienta IMAGE ANALYSIS, del software aplicando los criterios de combinación de bandas para LANDSAT 5 y LANDSAT 8, con lo cual se obtuvo diferentes resultados para un análisis comparativo de la cuenca entre los años 1999 y 2014.

Figura 53: Imagen de satelital del Área de influencia



- b. Se cargan todas las bandas que forman parte del archivo de imágenes satelitales. Se hace por separado, trabajando inicialmente con las imágenes del año 2000 y posteriormente con las imágenes del año 2015.

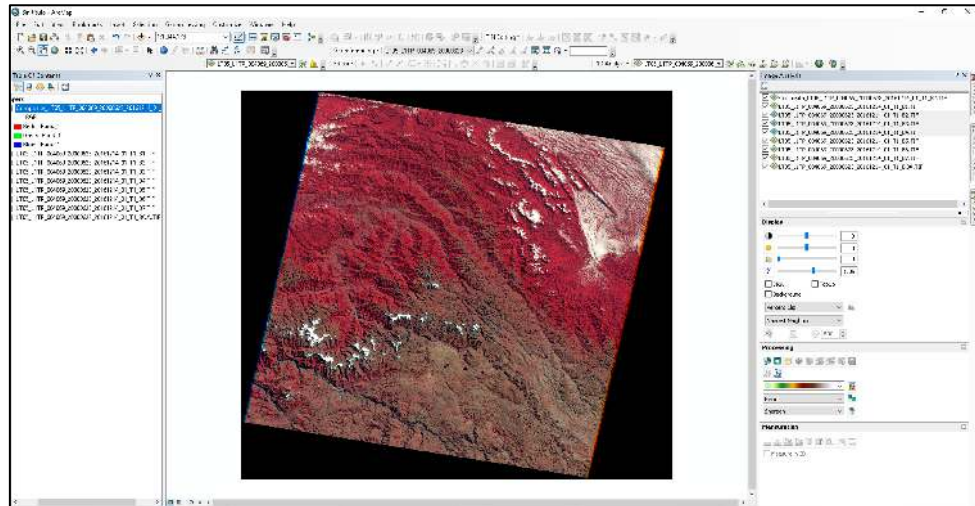
Figura 54: Procesamiento de imagen satelital





- c. Se efectúan las combinaciones de bandas satelitales. Los resultados se guardan en carpetas distintos (para el año 2000 y 2015). El resultado de las combinaciones tiene el objetivo de un análisis más preciso.

Figura 55: Procesamiento de Bandas de la imagen satelital



3.5.2.5. Corte de imágenes ráster por vector límite de cuenca.

- a. A partir de ello se efectuó el corte de las imágenes (composiciones) con el vector de tipo polígono cuenca mediante la herramienta clic, obteniéndose imágenes precisas del Área de estudio en nuestro caso la cuenca de Chuyapi.
- b. Es preciso mencionar que en este proceso se utilizaron imágenes satelitales de los años 200 y 2014 de 30 m. lo que dificulta de manera extrema los detalles contenidos en las mismas por lo que se procedió a agruparlas de manera que se nos permita una fácil interpretación en el campo.
- c. El resultado del proceso anterior se obtuvo de los resultados de las composiciones de bandas obtenidos para el año 1999, estos se detallan a continuación.



Figura 56: Imagen satelital cuenca de Chuyapi combinación de bandas 3,2,1.



Figura 57: Imagen satelital cuenca de Chuyapi combinación de bandas 4,3,2.

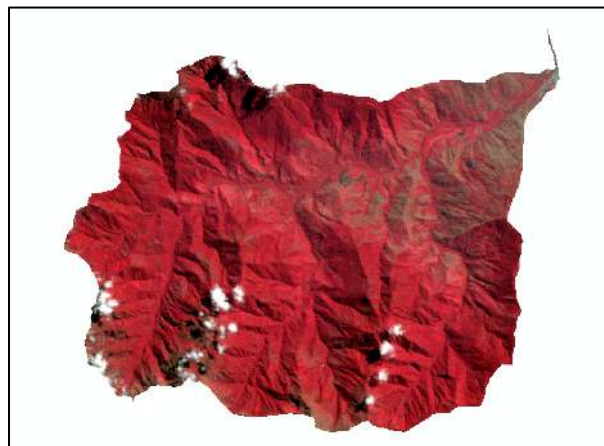


Figura 58: Imagen satelital cuenca de Chuyapi combinación de bandas 5,3,1.

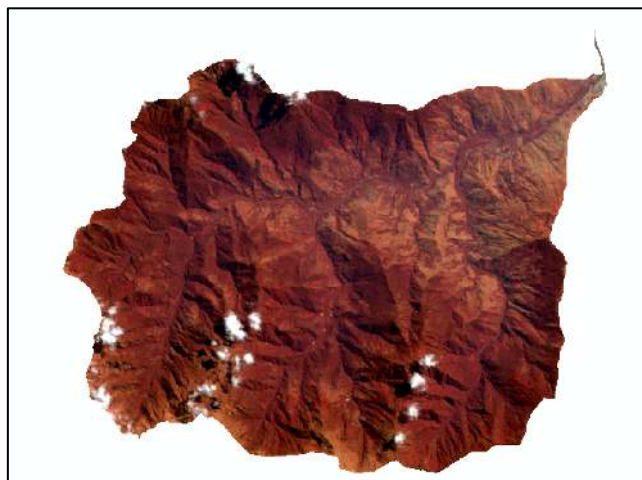




Figura 59: Imagen satelital cuenca de Chuyapi combinación de bandas 5,4,1.



Figura 60: Imagen satelital cuenca de Chuyapi combinación de bandas 5,4,3.

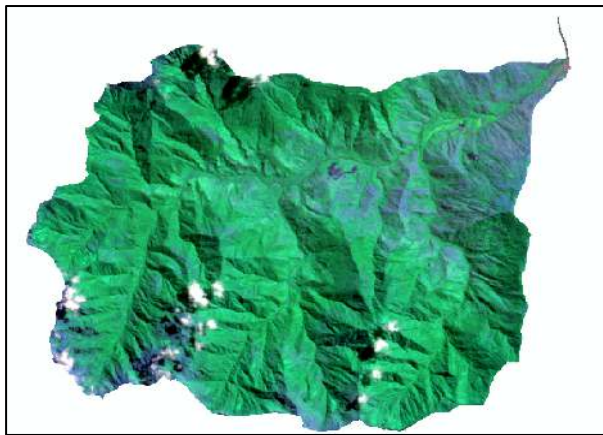
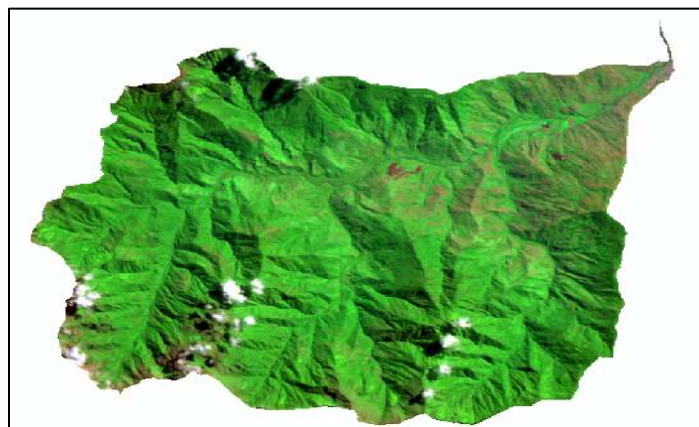


Figura 61: Imagen satelital cuenca de Chuyapi combinación de bandas 7,4,2.



d. Estos son los resultados de las composiciones de bandas obtenidos para el año 2014.



Figura 62: Imagen satelital cuenca de Chuyapi combinación de bandas 4,3,2.

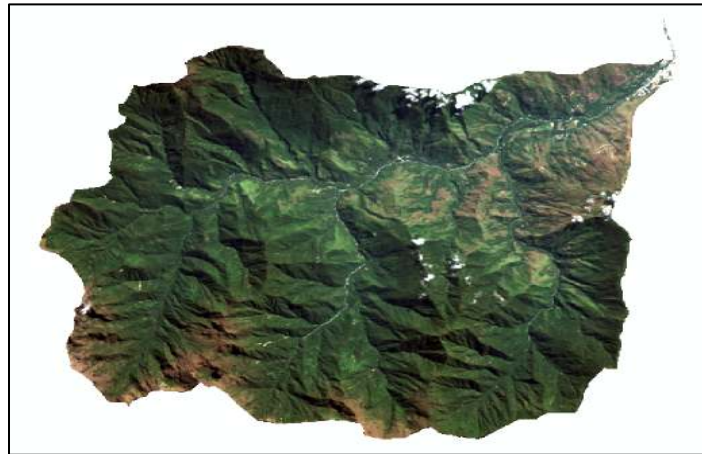


Figura 63: Imagen satelital cuenca de Chuyapi combinación de bandas 5,4,3.

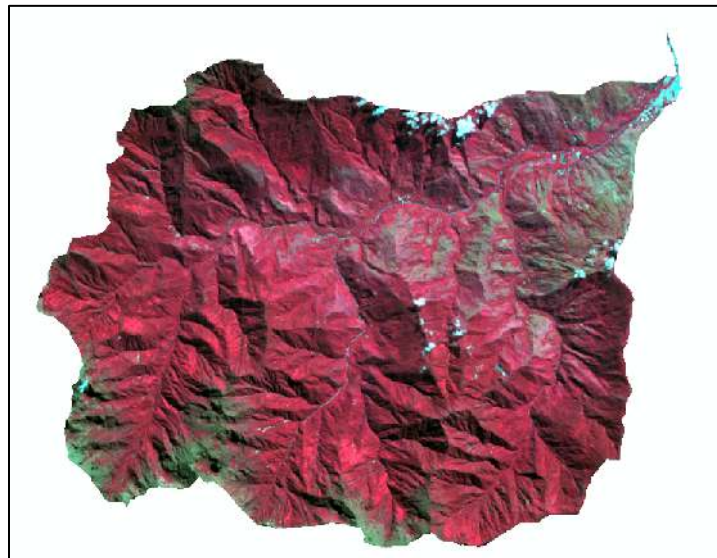


Figura 64: Imagen satelital cuenca de Chuyapi combinación de bandas 5,6,2.

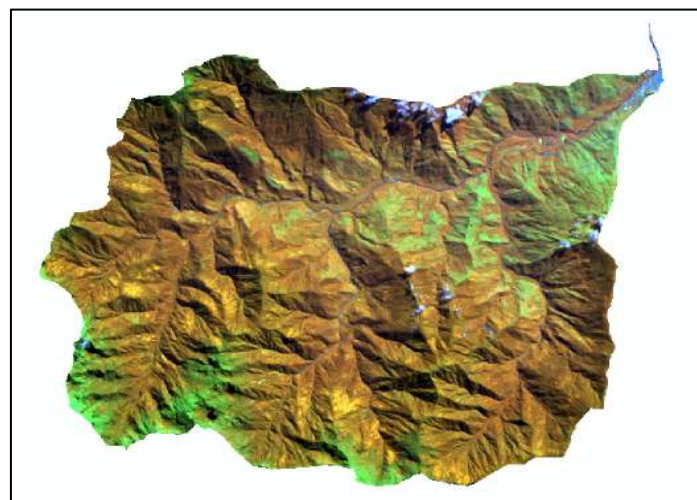




Figura 65: Imagen satelital cuenca de Chuyapi combinación de bandas 6,5,2.

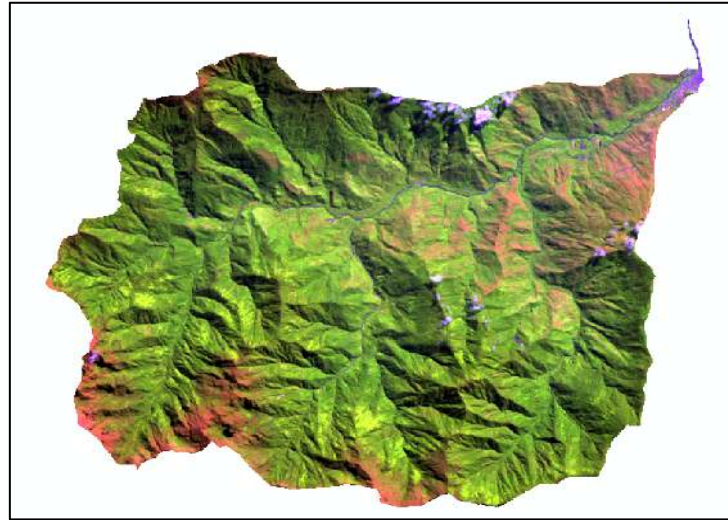


Figura 66: Imagen satelital cuenca de Chuyapi combinación de bandas 6,5,4.

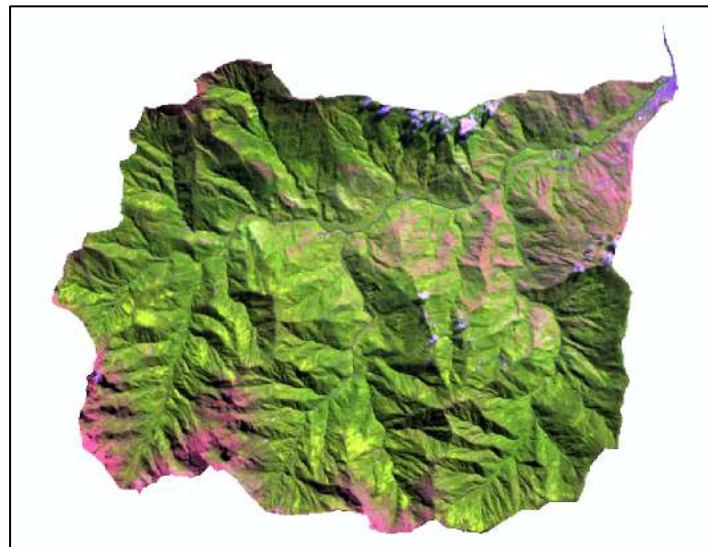
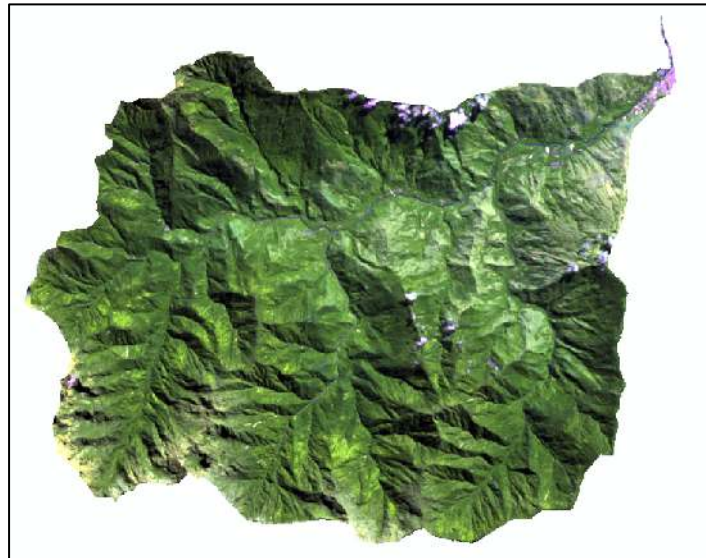




Figura 67: Imagen satelital cuenca de Chuyapi combinación de bandas 7,6,4.

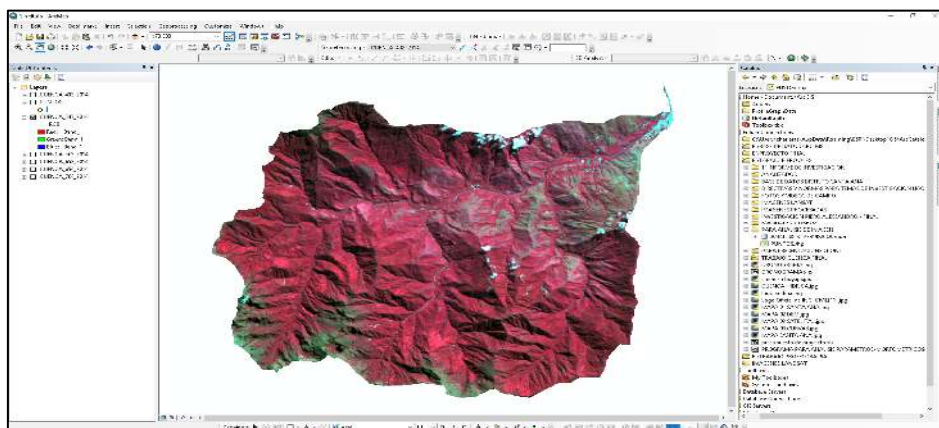


3.5.2.6. Clasificación supervisada de imágenes.

Para el presente análisis multitemporal de la cuenca de Chuyapi, se procedió con el procedimiento de clasificación supervisada de las imágenes obtenidas, el procedimiento. La clasificación de las imágenes supone categorizar imágenes multibanda a partir del número digital de cada píxel, constituyendo éste el identificador de clase; estadísticamente implica reducir la escala de medida de una variable continua a una variable categórica.

a. Cargamos las imágenes a analizar dentro del software SIG, el proceso de clasificación se efectuó de manera secuencial para cada composición final obtenida en el ítem 5.

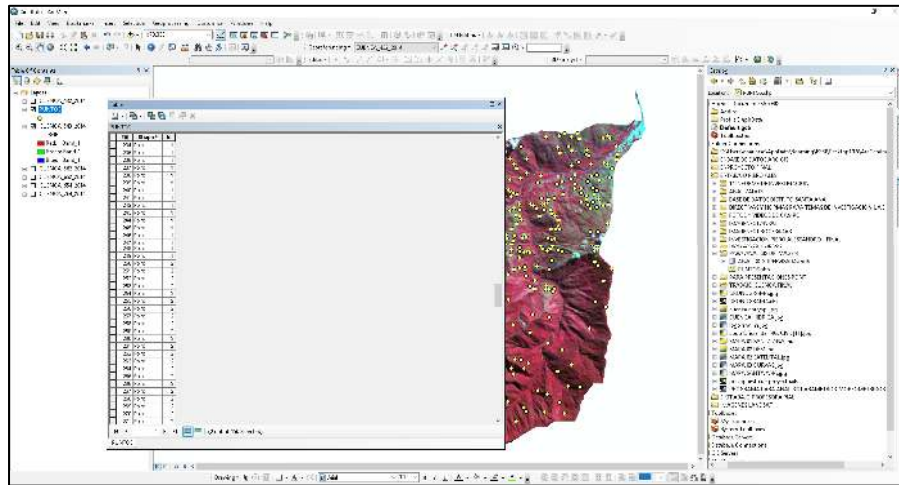
Figura 68: Carga de la imagen dentro del ArcGIS





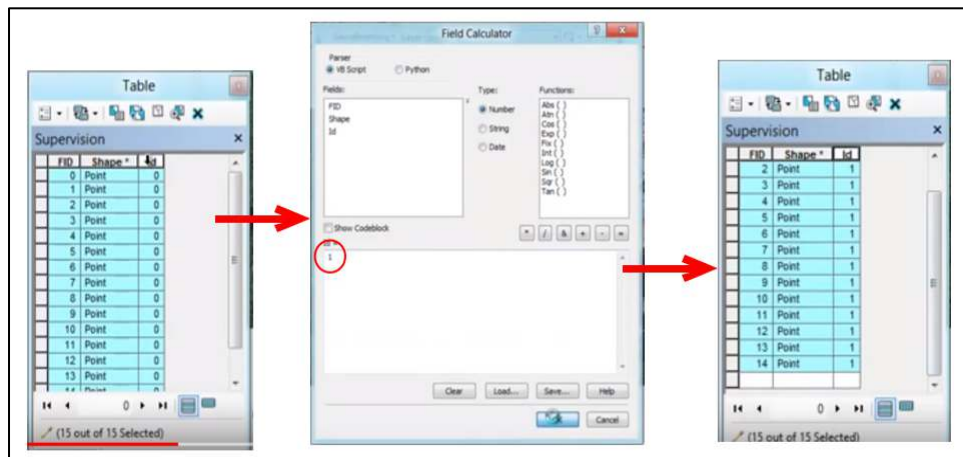
- b. Creamos una capa de puntos (vector) y colocamos el valor de “id” para el proceso de control.

Figura 69: Creación de capa de puntos (VECTOR)



- c. Seleccionamos los puntos en tabla de atributos “Field Calculator” y colocamos los números que representen a las características identificadas (vegetación arborea, vegetación herbácea, zonas erosionadas, zonas urbanas, cuerpos de agua).

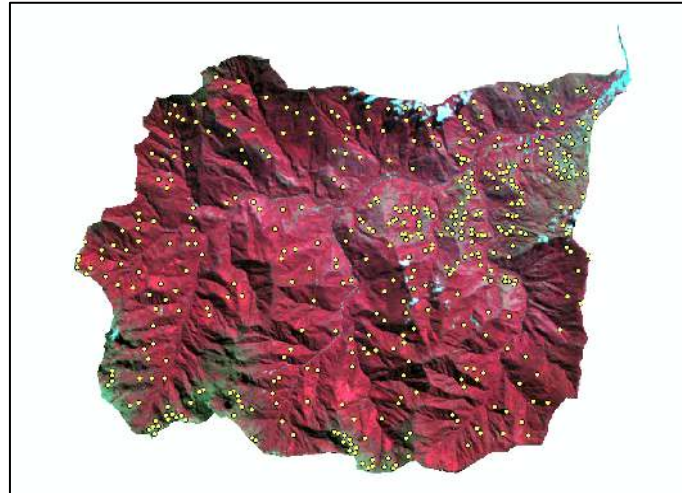
Figura 70: Creación de atributos respecto a las unidades de cobertura



- d. El resultado es tener puntos de control en el ráster para su análisis posterior. El resultado se muestra en la siguiente imagen.

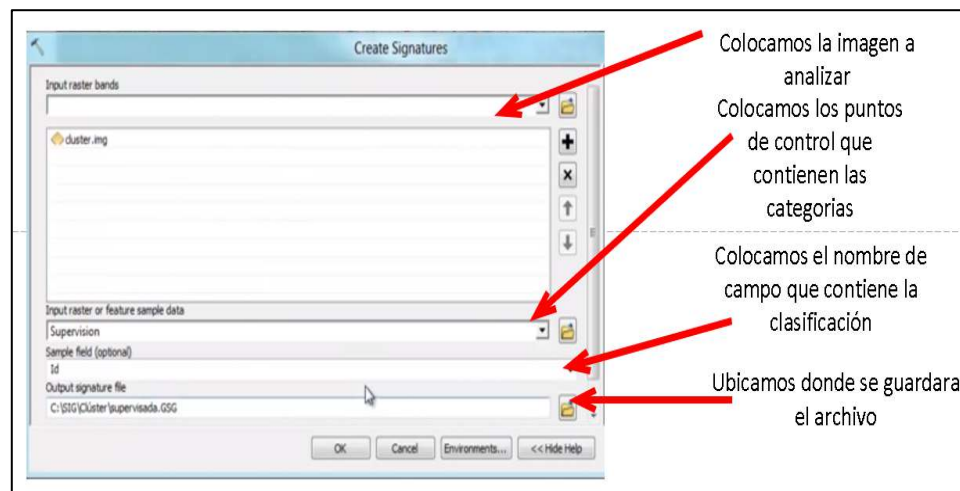


Figura 71: Puntos de control



e. El siguiente proceso contempla el uso de la herramienta Create Signatures, para ello vamos a Spatial Analyst Tools/Multivariate/Create Signatures.

Figura 72: Configuración para el análisis de las unidades de cobertura



f. El resultado obtenido es un archivo de extensión *.gsg el que permitirá iniciar la clasificación final del ráster, para ello nos vamos a ArcToolbox/Spatial Analyst Tools/Multivariate/Maximum Likelihood Classification



Figura 73: Clasificación según su unidad de cobertura

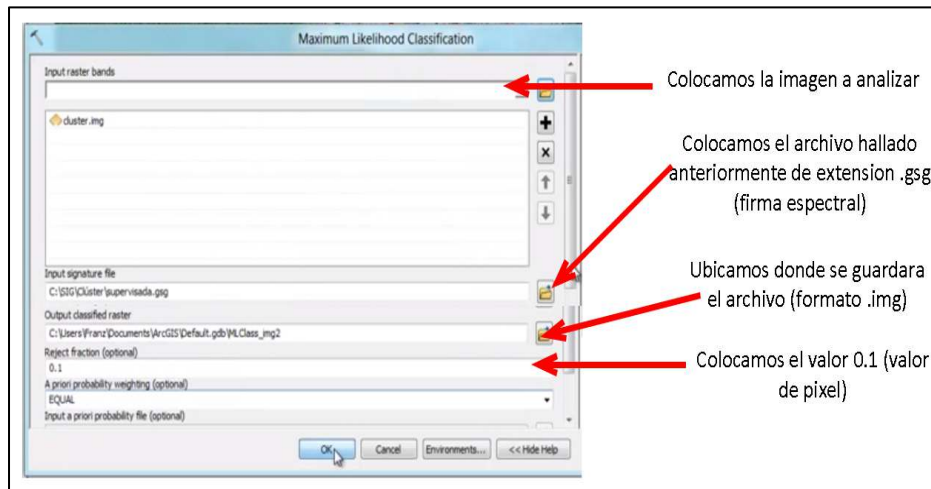
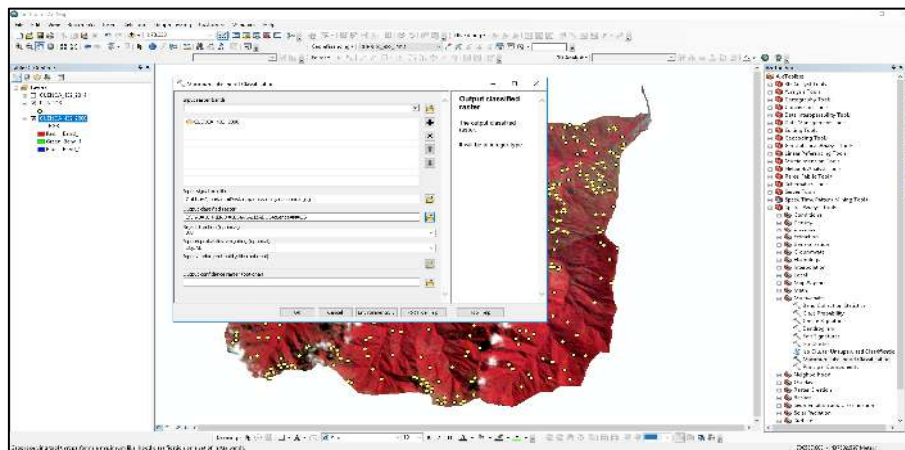
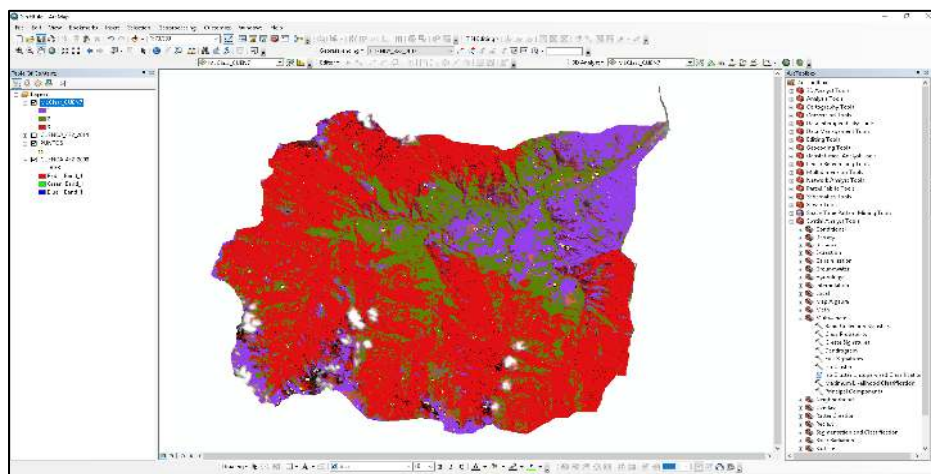


Figura 74: Clasificación según su unidad de cobertura



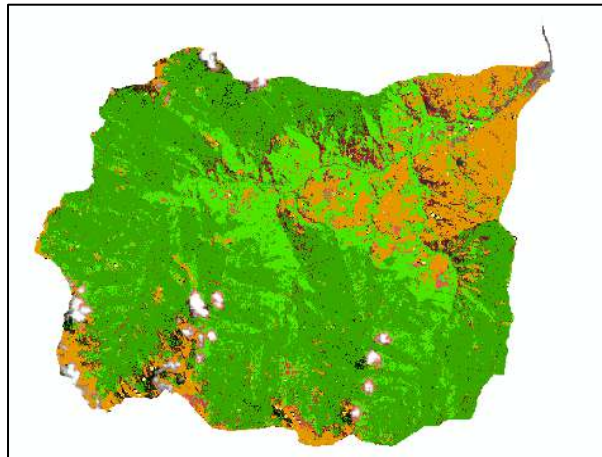
g. El procedimiento anterior nos otorga el siguiente mapa clasificado el que no tiene edición de colores. El archivo es de tipo ráster. La imagen muestra ese resultado.

Figura 75: Configuración de escalas cromáticas para visualización de resultados



h. La imagen anterior con edición de colores para su mejor visualización. Cabe precisar que aún tenemos la imagen de tipo ráster. La siguiente imagen muestra el resultado obtenido.

Figura 76: Imagen procesada de la cuenca



i. El siguiente paso es convertir la imagen ráster en un archivo vector para su análisis. El procedimiento es el siguiente: vamos a ArcToolbox y procedemos a activar Conversion Tools/From raster/Raster to Polygono.

Figura 77: Configuración para visualización de resultados

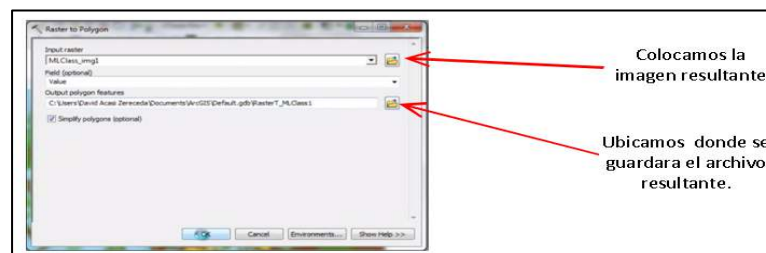
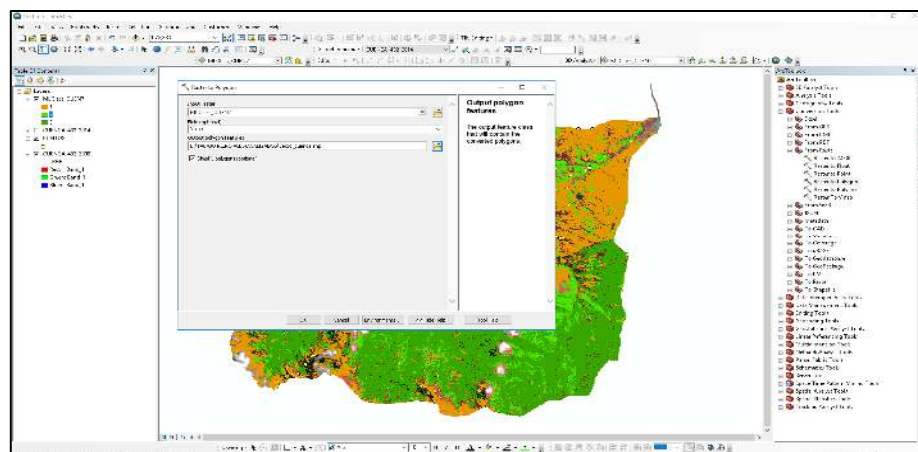


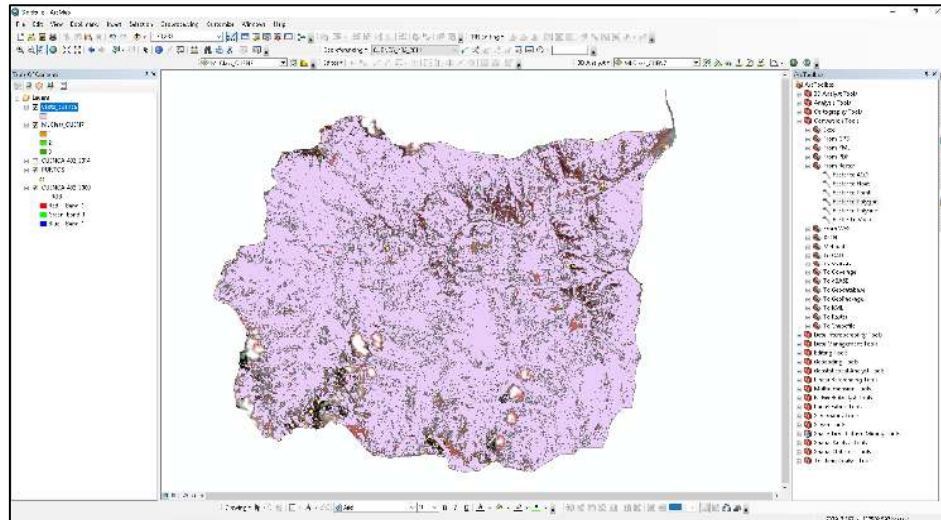
Figura 78: Configuración para visualización de resultados





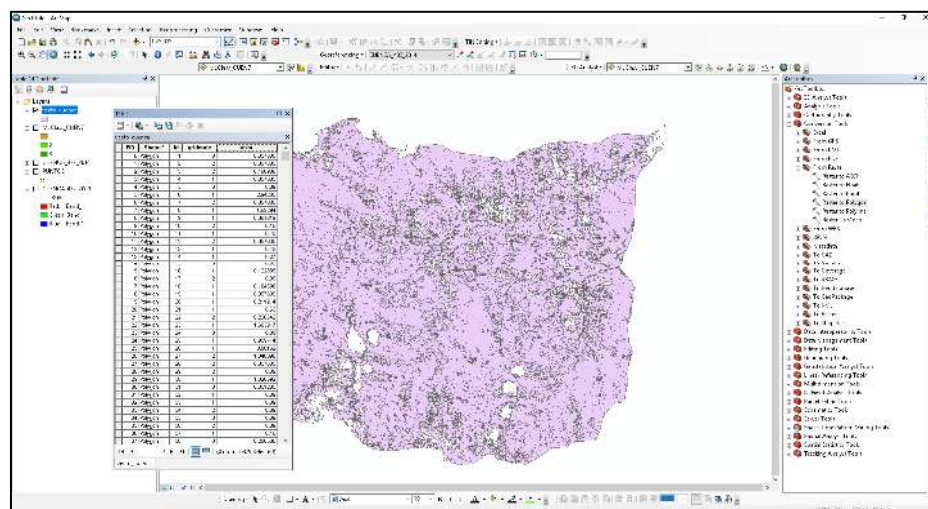
j. El resultado se muestra en la siguiente imagen. Este podemos editar. En su tabla de atributos encontraremos que se encuentra perímetro (m) y Área (m²), además la clasificación (1,2,3 o 4), podemos modificar Áreas en Has.

Figura 79: Configuración de ráster



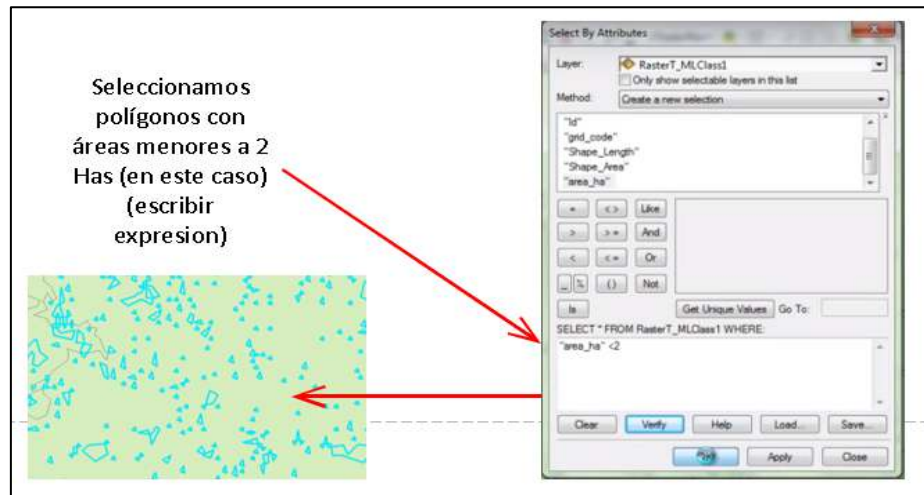
k. Si nos acercamos encontraremos una serie de polígonos que deben ser eliminados, estos son producto de análisis efectuado en la lectura de los pixeles e influye de sobre manera la resolución de las imágenes, en nuestro caso tiene una resolución de 30 x 30 m. propio de la colección de imágenes de los satélites LANDSAT.

Figura 80: Tabla de unidades de coberturas



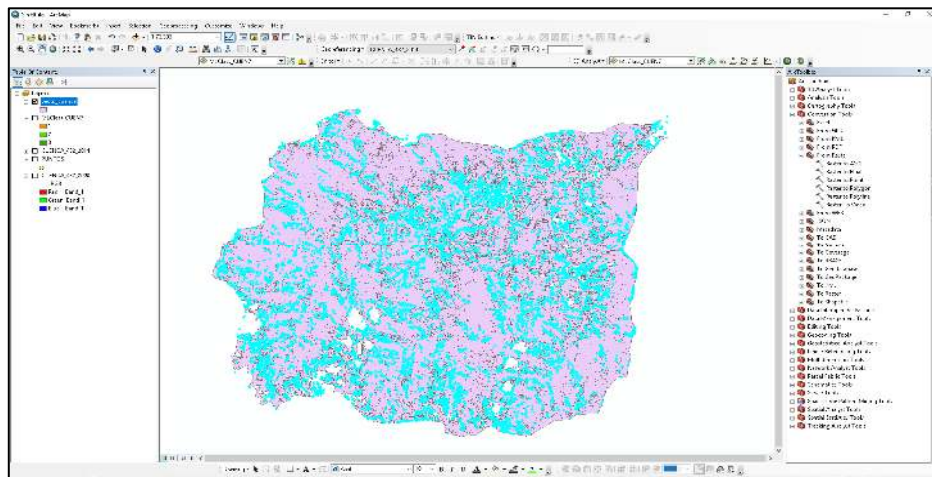
l. Para la limpieza de estos defectos procederemos a seleccionar con selección por atributos; Seleccionamos polígonos con Áreas menores a 2 Has (en este caso) (escribir expresión).

Figura 81: Configuración para la limpieza de defectos



m. Se tiene la siguiente selección mostrada en la figura presentada a continuación:

Figura 82: Resultado de limpieza de defectos



n. Eliminamos los polígonos seleccionados para ello vamos a ArcToolbox/ Data Management Tools/Generalization/Eliminate. Sale el siguiente cuadro de diálogo.



Figura 83: Tabla de configuración de eliminación de polígonos

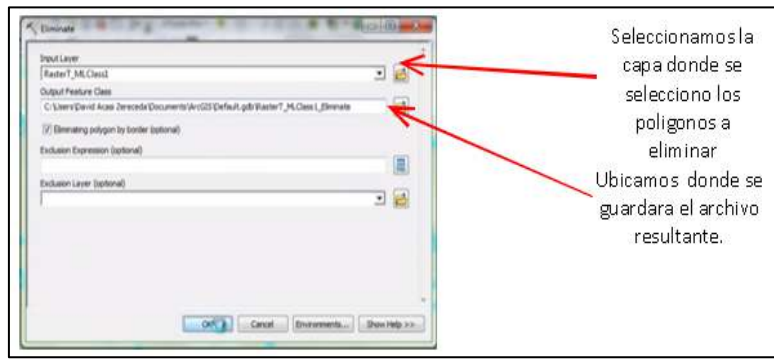
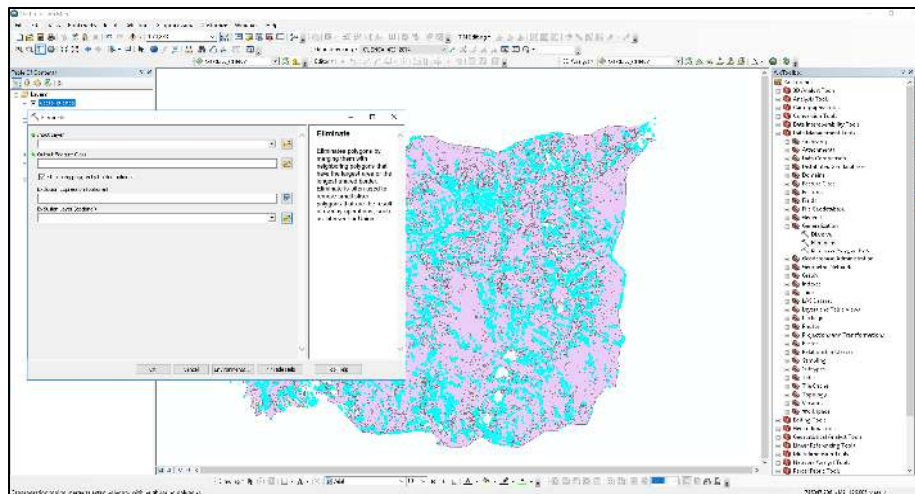
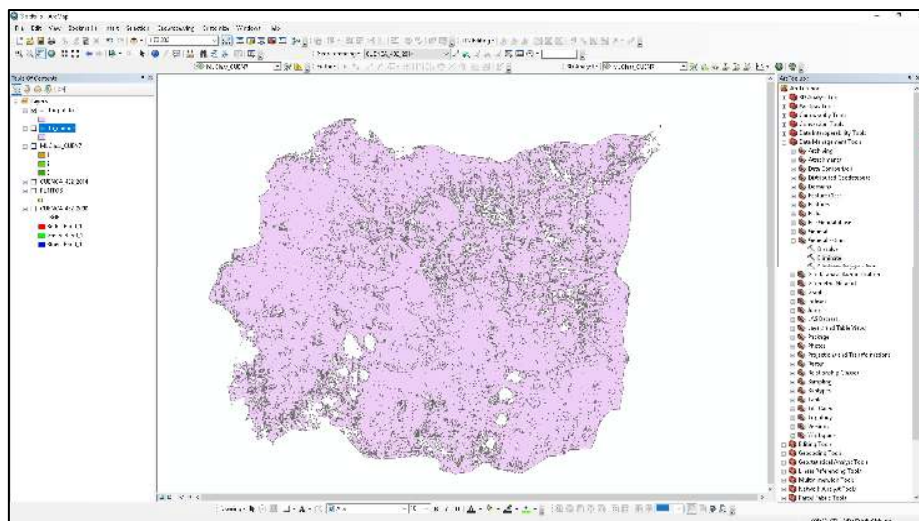


Figura 84: Configuración de visualización de eliminación de polígonos



o. Se obtiene el siguiente resultado.

Figura 85: Resultado de mapa libre de polígonos





p. Procedemos a agrupar polígonos según tipo de clasificación para ello vamos a ArcToolbox y activamos Data Management Tools/Generalization/Dissolve. Y sale la siguiente ventana de diálogo.

Figura 86: Configuración de visualización de polígono

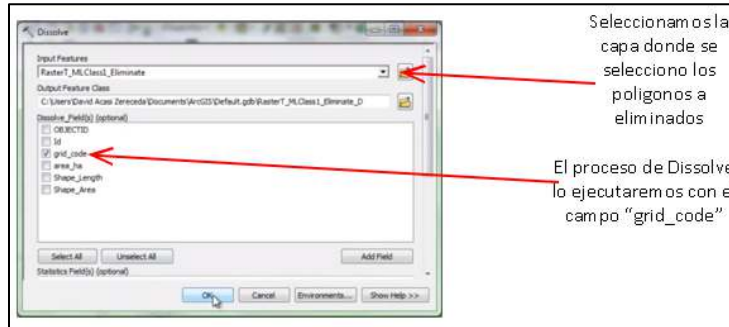
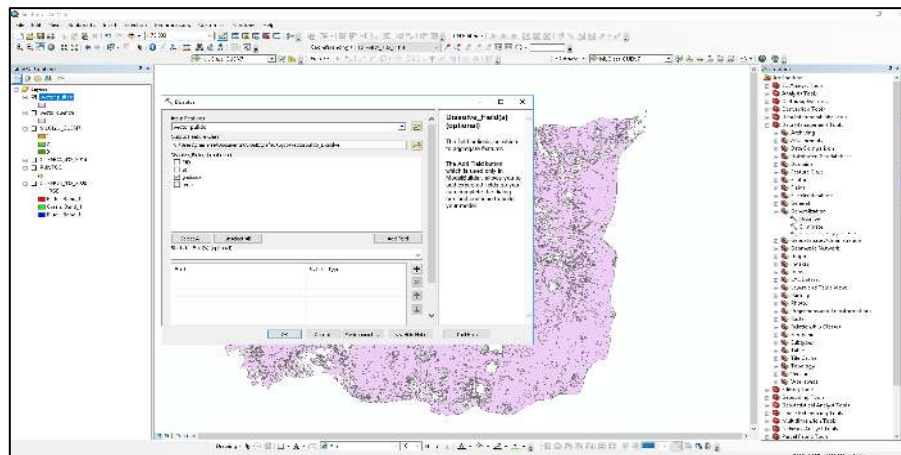
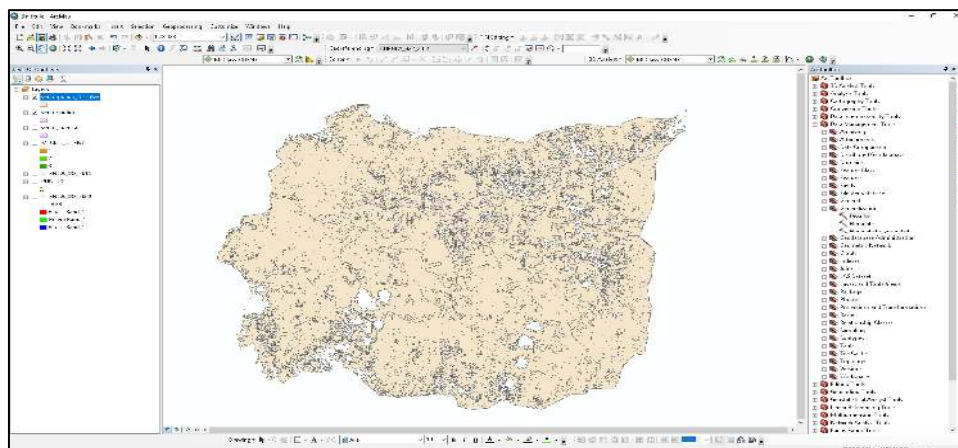


Figura 87: Configuración de la visualización



q. El resultado del análisis de esta herramienta se muestra en la siguiente figura.

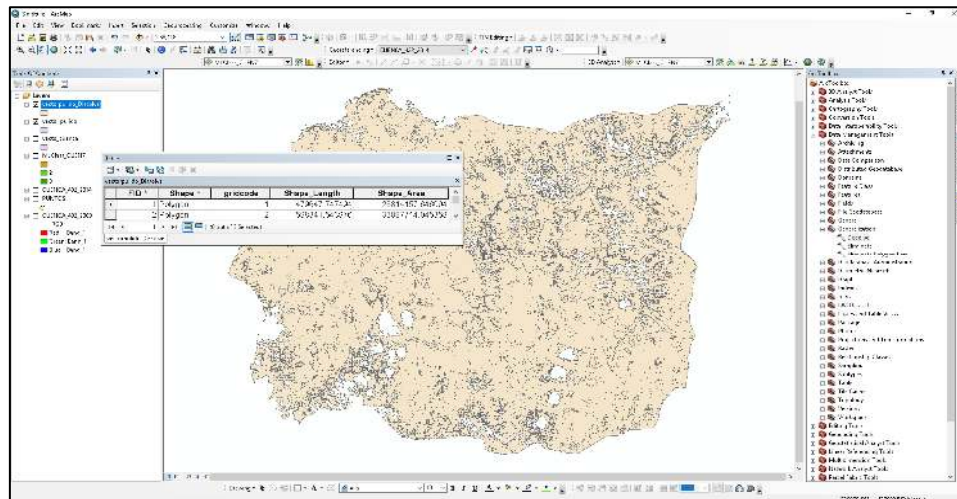
Figura 88: Resultado del análisis





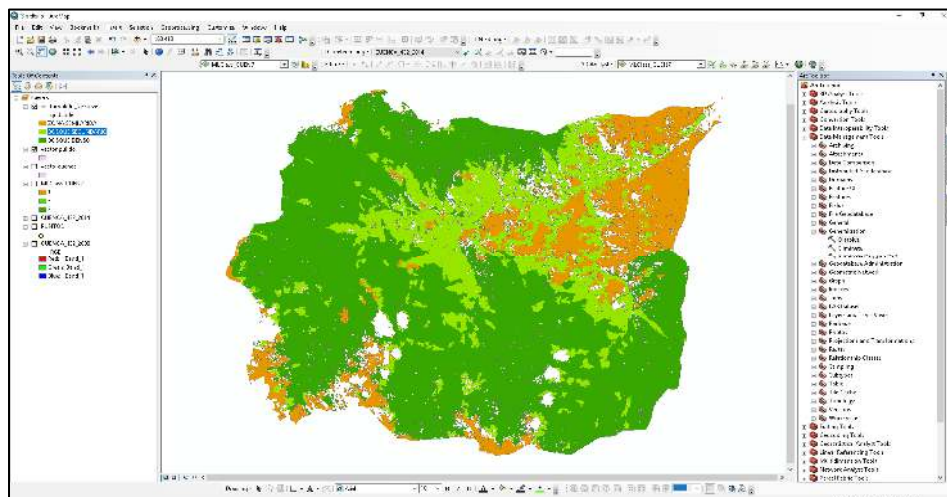
r. Se obtiene el resultado que se puede apreciar en la tabla de atributos del programa SIG. La figura siguiente nos muestra el resultado.

Figura 89: Creación de tabla de atributo



s. Aplicamos la simbología correspondiente para una mejor visualización del resultado. La imagen siguiente nos permite apreciar el resultado.

Figura 90: Visualización final de resultado



El procedimiento anterior se aplica a cada uno de las imágenes ráster halladas

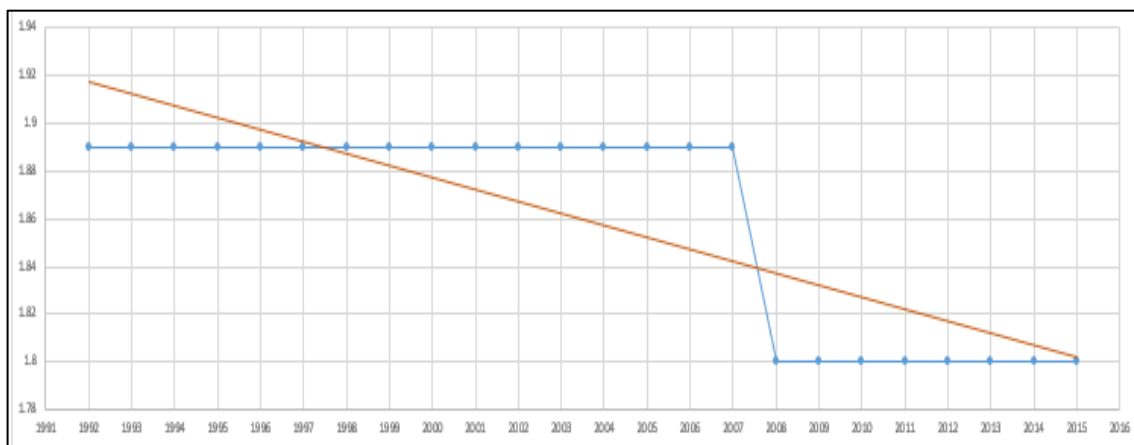


a. Datos obtenidos del análisis multitemporal de uso de suelo y cobertura vegetal mediante la metodología Land Cover.

A partir del proceso de combinación de bandas y la obtención de los mapas resultantes de los años 2000 y 2015, así como las imágenes satelitales desde el año 1992 hasta el año 2015 determinamos las variaciones de los cambios ocurridos en el lapso de tiempo de la cuenca de Chuyapi.

i. A partir de estos datos se obtuvo los siguientes gráficos con los resultados de análisis por tipo de cobertura y sus respectivos índices anuales desde el año 1993 al año 2015. Estos gráficos resultantes se muestran a continuación:

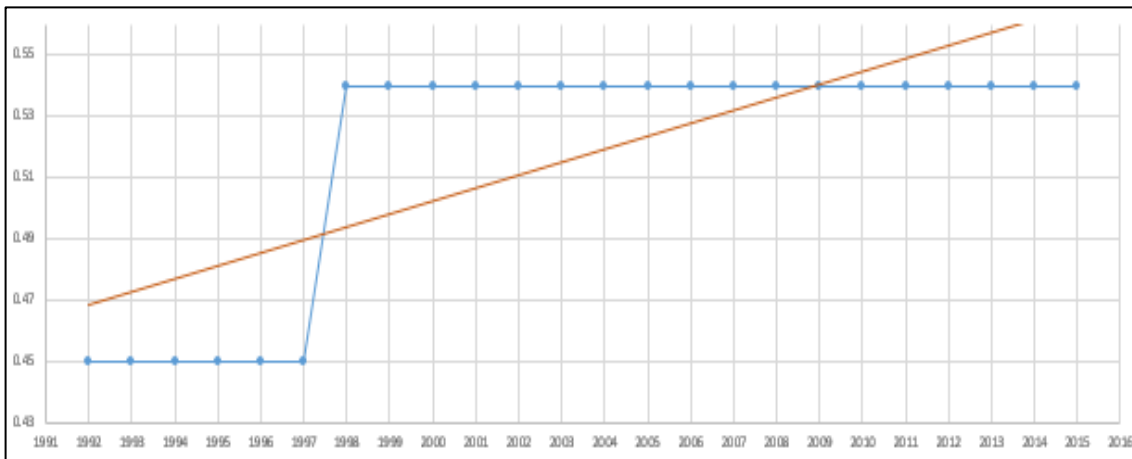
Figura 91: Tendencias de tierras de cultivo de secano



Fuente: ESA Land Cover. Elaboración propia.

En el gráfico N° 91, se observa que las tierras de cultivo en secano se han mantenido constantes durante los años 1992 al 2007 y estas han caído en Áreas entre el año 2007 y 2008 fecha en la cual no se ha incrementado significativamente, esto se corrobora por la línea tendencia decreciente.

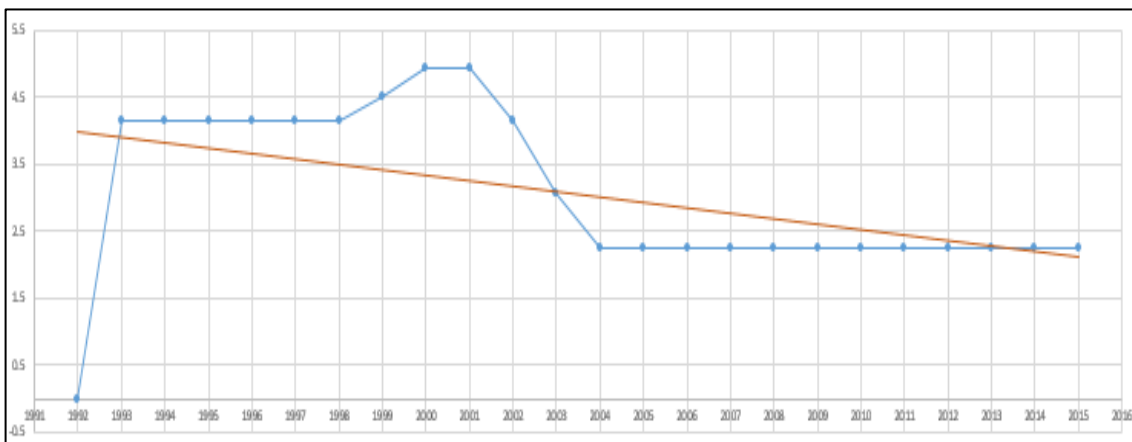
Figura 92: Tendencia de cubierta herbácea



Fuente: ESA Land Cover. Elaboración propia.

En el gráfico N° 92, se observa que la cubierta herbácea se ha incrementado a partir del año 1997 en relación a las Áreas y este se ha mantenido en acenso reflejado por la línea tendencia creciente proyectada hasta el año 2015.

Figura 93: Tendencia de Mosaico de Tierras de Cultivo (>50%)

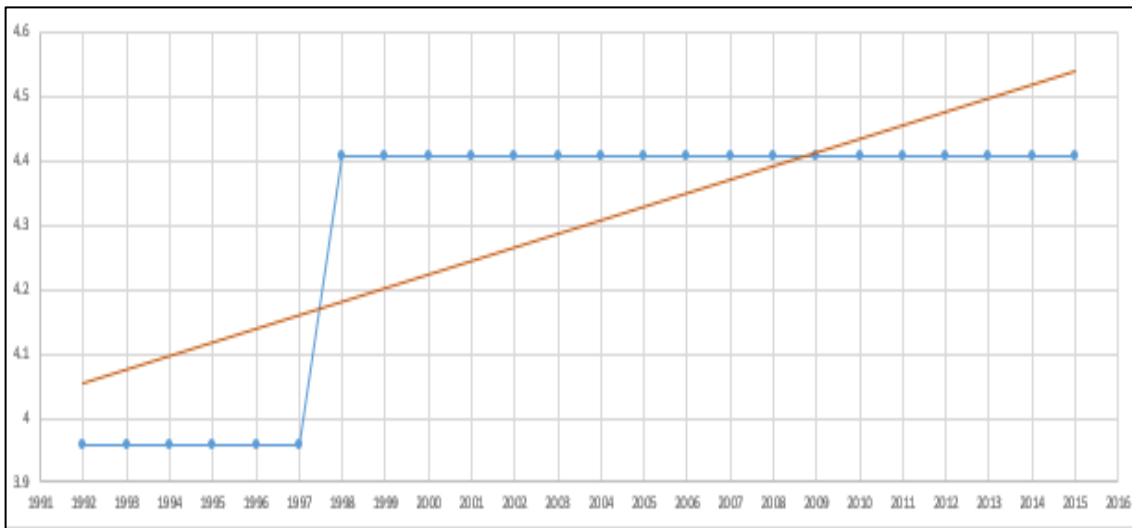


Fuente: ESA Land Cover. Elaboración propia.

En el gráfico N° 93, se observa que la clasificación definida como Mosaico de tierras de cultivo mayores al 50% han iniciado un ascenso del año 1992 al año 1993, este ha venido creciendo a partir de allí tienen su pico más alto el año 2001, sin embargo, este ha descendido vertiginosamente hasta el año 2004 y se ha mantenido en descenso moderado hasta el año 2015. La línea tendencia decreciente confirma esto.



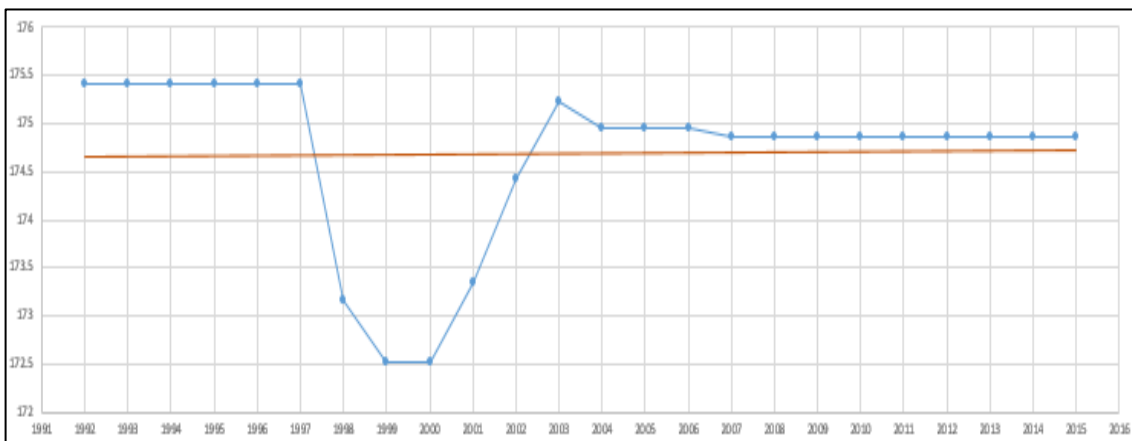
Figura 94: Tendencia de Mosaico de Vegetación Natural



Fuente: ESA Land Cover. Elaboración propia.

En el gráfico N° 94, referido a Mosaico de vegetación Natural este se ha incrementado desde el año 1992. Es preciso mencionar que su ascenso ha tenido significancia a partir del año 1997 al año 1998 a partir del cual se ha mantenido en un índice moderado, la línea de tendencia creciente lo confirma.

Figura 95: Tendencia de Cubierta de árbol, hoja ancha

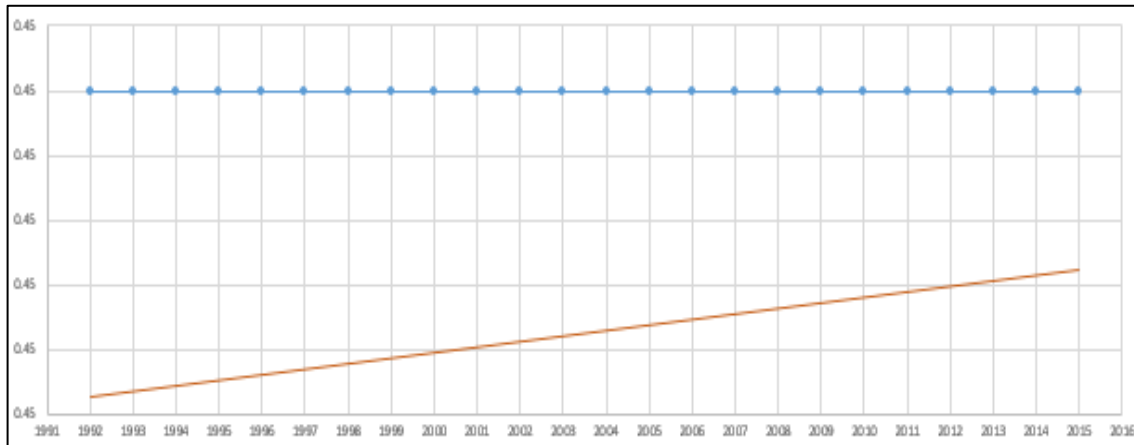


Fuente: ESA Land Cover. Elaboración propia.

En el gráfico N° 95, se ve que la Cubierta de árbol, Hoja ancha, árbol perenne mayor al 15% ha mantenido una línea de tendencia permanente a pesar de que entre los años 1997 al año 1999 y de este al 2000 han tenido un pico negativo, sin embargo, este se ha incrementado para el año 2003 y posteriormente se ha estabilizado desde el año 2007 al año 2015.



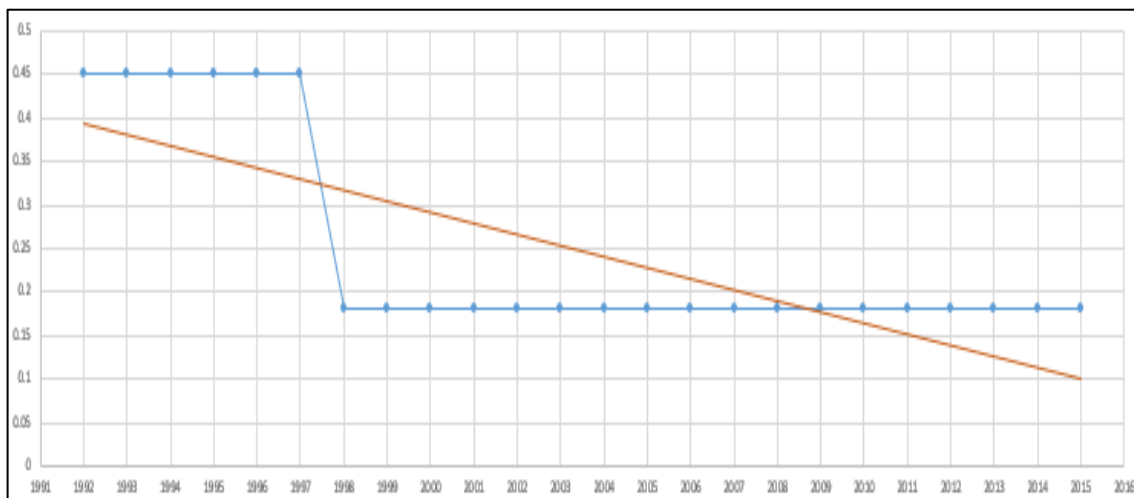
Figura 96: Tendencia de Cubierta de árbol, hoja ancha estacionaria (>15%)



Fuente: ESA Land Cover. Elaboración propia.

En relación al gráfico N° 96, se observa que la Cubierta de árbol, Hoja ancha estacionaria (>15%) se ha mantenido constante a lo largo de estos 24 años de análisis.

Figura 97: Tendencia de cubierta de árbol, hoja ancha estacionaria (15%-40%)

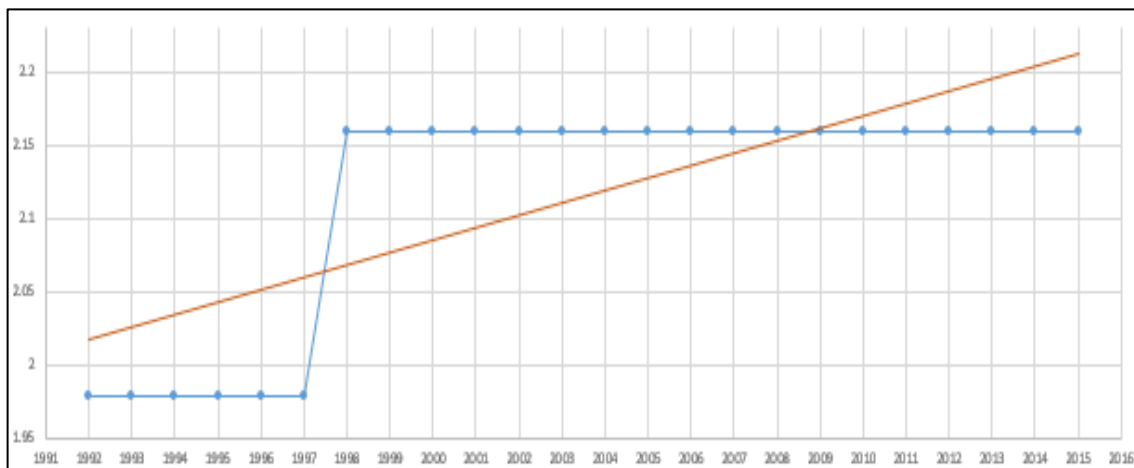


Fuente: ESA Land Cover. Elaboración propia.

En el gráfico N° 97, se observa que la cubierta de árbol, hoja ancha estacionaria (15%-40%) ha tenido una tendencia descendente, que se aprecia de manera significativamente a partir del año 1997 al año 1998, a partir del cual se ha mantenido con los índices bajos hasta el año 2015 en relación a los primeros años del análisis.



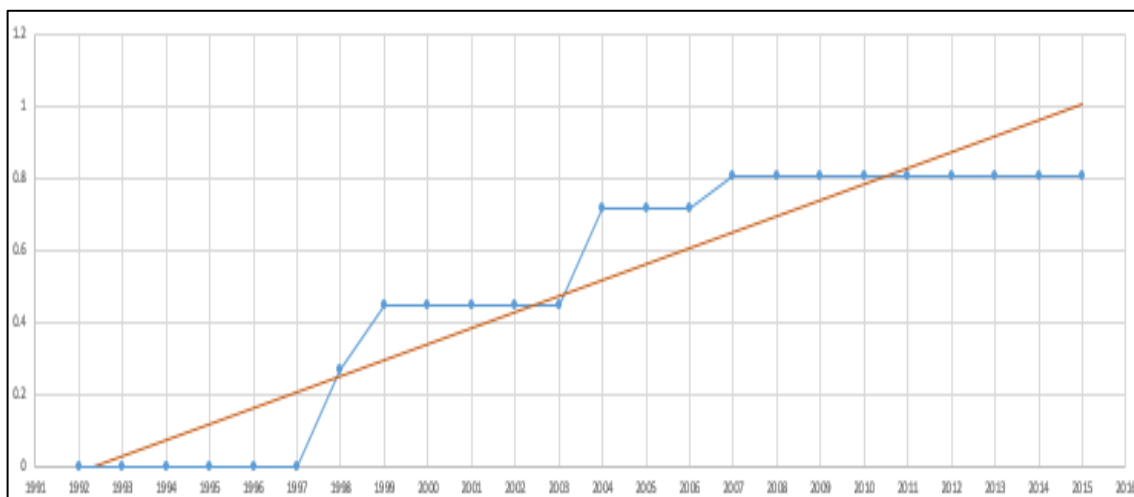
Figura 98: Tendencia de árbol de mosaico y arbusto (>50%)



Fuente: ESA Land Cover. Elaboración propia.

En el grafico N° 97, se observa que la cubierta de árbol de mosaico y arbusto (>50%) ha tenido una tendencia ascendente, que se aprecia de manera significativamente a partir del año 1997 al año 1998, a partir del cual se ha mantenido con los índices continuo hasta el año 2015 en relación a los primeros años del análisis.

Figura 99: Tendencia de mosaico cubierta herbácea (>50%)

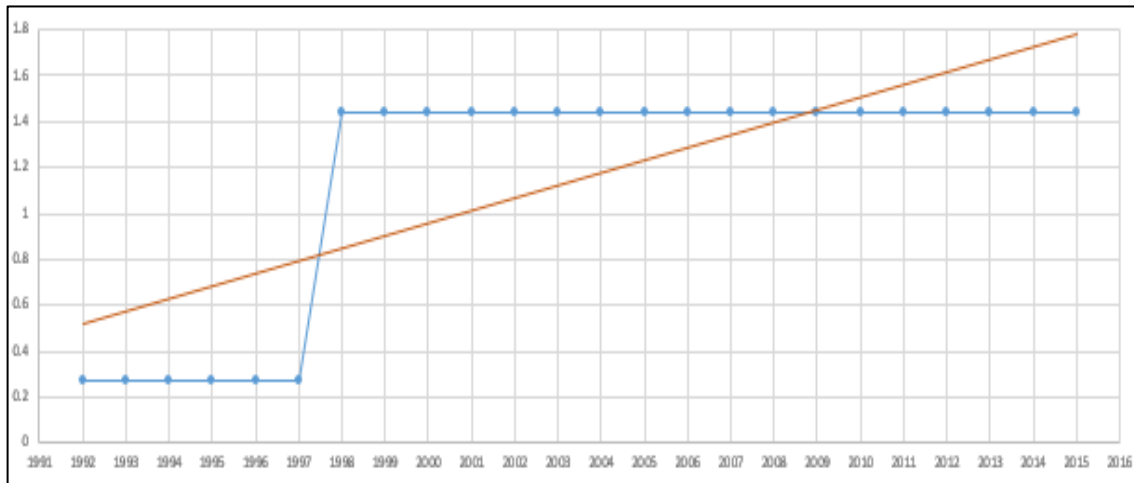


Fuente: ESA Land Cover. Elaboración propia.

Sobre el grafico N° 99, se tiene que el Mosaico Cubierta Herbácea (>50%) se ha incrementado en sus Áreas durante el análisis de los 24 años contados desde el año 1992 al año 2015; es preciso mencionar que este acenso se inicia de manera significativa a partir del año 1998y crece anualmente hasta el año 2007, fecha en la cual se mantiene constante hasta el año 2015. La línea de tendencia es creciente en este caso.



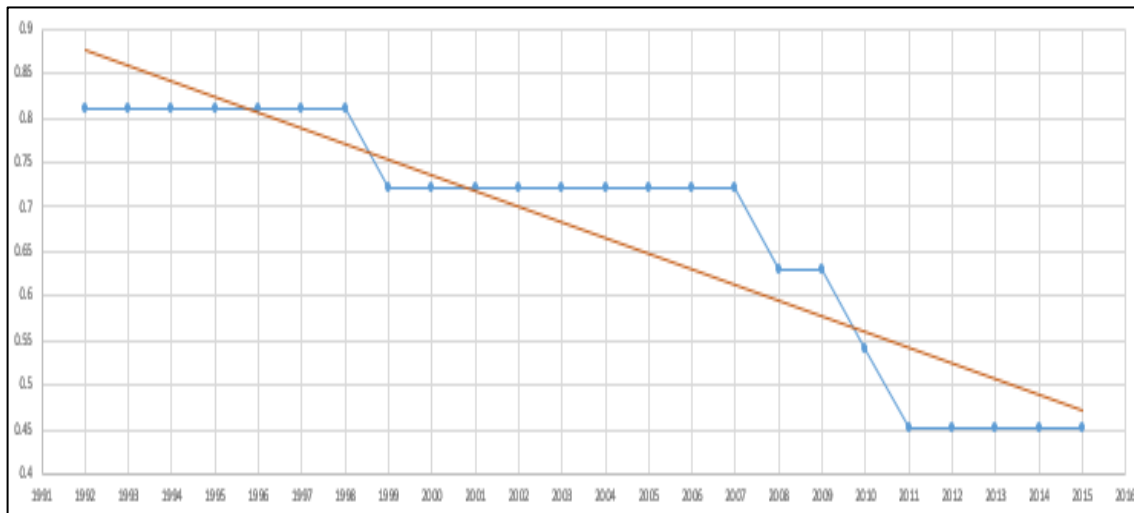
Figura 100: Tendencia de matorrales



Fuente: ESA Land Cover. Elaboración propia.

En relación al gráfico N° 100, se observa que las Áreas con presencia de matorrales se ha incrementado significativamente desde el año 1997 a 1998, a partir del cual se ha mantenido constante hasta el año tiene que el Mosaico Cubierta Herbácea (>50%) se ha incrementado en sus Áreas durante el, sin embargo, la tendencia mostrada en creciente.

Figura 101: Tendencia de pradera

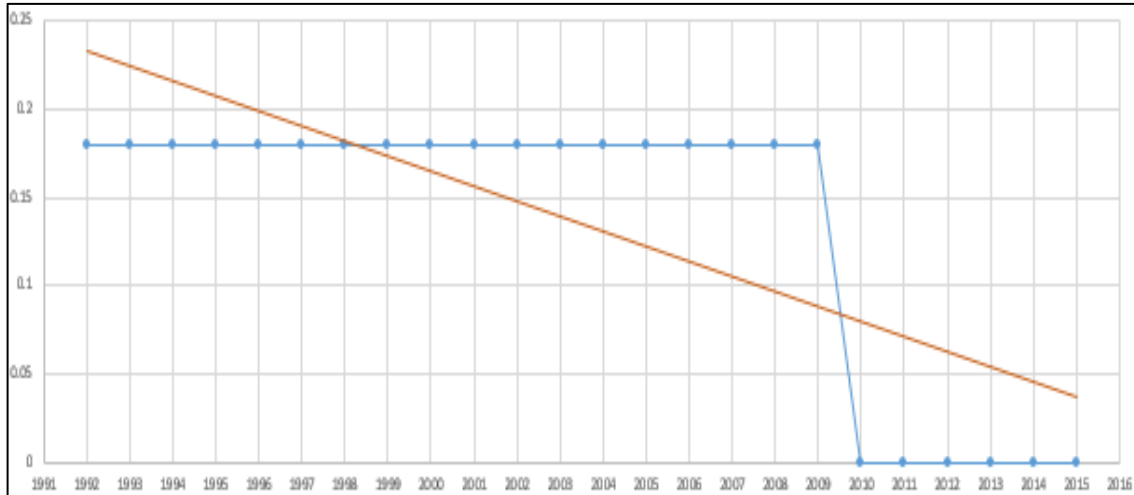


Fuente: ESA Land Cover. Elaboración propia.

Sobre el gráfico N° 101, se tiene que la clasificación de las Áreas contempladas en Praderas ha venido descendiendo considerablemente a partir del año 1998 siendo esta tendencia permanente hasta el año 2011, año en el cual se ha mostrado una estabilización

en relaciona a la reducción de Áreas. La línea de tendencia que presenta esta clasificación es descendiente.

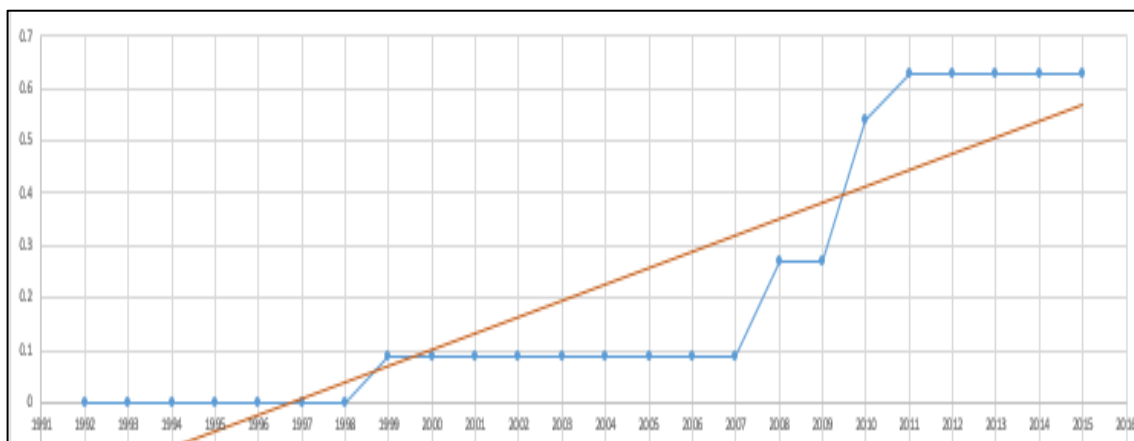
Figura 102: Tendencia de vegetación escasa (<15%)



Fuente: ESA Land Cover. Elaboración propia.

Sobre el grafico N° 102, se tiene que las Áreas determinadas de acuerdo a la clasificación como Vegetación escaza (<15%) han descendido vertiginosamente a partir del año 2009 y esta se ha mantenido en esos índices hasta el año 2015. Cabe precisar que desde el año 1992 al año 2009 los índices mostrados en esta clasificación se mostraron constantes; sin embargo, la línea de tendencia indica declive.

Figura 103: Tendencia de áreas urbanas



Fuente: ESA Land Cover. Elaboración propia.



Sobre el gráfico N° 103, se tiene que las Áreas Urbanas han tenido un crecimiento constante y de manera muy significativa desde el año 1998, alcanzando su pico más alto el año 2011, a partir del cual, se ha mantenido constante, la línea de tendencia muestra crecimiento, propio de esta clasificación.

Tabla 7: Estimación de coeficiente de escorrentía del año 1992

ESTIMACION DEL COEFICIENTE DE ESCORRENTIA DE LA CUENCA CHUYAPI EN EL AÑO 1992				
Coefficiente de escorrentía ponderado para los distintos tipos de cobertura vegetal				
Tipo de cobertura	"C"	Área	Porcentaje área	"C" ponderado
Cubierta herbácea	0.4	0.45	0.243%	0.001
Mosaico de tierras de cultivo (>50 %) / Vegetación natural (Árbol, arbusto, cobertura herbácea) (<50 %)	0.55	4.14	2.240%	0.012
Mosaico vegetación natural (Árbol, arbusto, cobertura herbácea) (>50 %) / Tierras de cultivo (>50 %)	0.24	3.96	2.142%	0.005
Cubierta de árbol, hoja ancha, árbol de hoja perenne, (>15%)	0.35	175.41	94.888%	0.332
Cubierta de árbol, hoja ancha, árbol de hoja estacionaria, (>15%)	0.4	0.45	0.243%	0.001
Cubierta de árbol, hoja ancha, árbol de hoja estacionaria abierta (15-40%)	0.45	0.45	0.243%	0.001
	TOTAL	184.86	100%	0.3526
Coefficiente de escorrentía ponderado para los distintos tipos de uso de suelos				
Tipo de uso de suelo	"C"	Área	Porcentaje Área	"C" Ponderado
Matorrales	0.36	0.27	5%	0.019
Pradera	0.34	0.81	16%	0.054
Áreas Urbanas	0.8	0	0%	0.000
Vegetación escasa (Árbol, arbusto, cobertura herbácea) (<15%)	0.43	0.18	4%	0.015
Tierras de cultivo, de secano	0.6	1.89	37%	0.221
Árbol de mosaico y arbusto (>50%) / Cobertura herbácea (<50%)	0.3	1.98	39%	0.116



Mosaico cubierto herbácea (>50%) /Árbol y arbusto (<50%)	0.36	0	0%	0.000
	TOTAL	5.13	100%	0.425

Fuente: Elaboración propia.

Sobre la tabla N° 07 se tiene un coeficiente de escorrentía en el año 1992 para cobertura vegetal de 0.3526 y para el uso de suelo un coeficiente de escorrentía de 0.425 evidenciando una diferencia de 0.0724 para ambas clasificaciones dentro de la cuenca.

Tabla 8: Estimación del coeficiente de escorrentía del año 1993

ESTIMACION DEL COEFICIENTE DE ESCORRENTIA DE LA CUENCA CHUYAPI EN EL AÑO 1993				
Coefficiente de escorrentía ponderado para los distintos tipos de cobertura vegetal				
Tipo de cobertura	"C"	área	Porcentaje área	"C" Ponderado
Cubierta herbácea	0.4	0.45	0.243%	0.001
Mosaico de tierras de cultivo (>50 %) / Vegetación natural (árbol, arbusto, cobertura herbácea) (<50 %)	0.55	4.14	2.240%	0.012
Mosaico vegetación natural (árbol, arbusto, cobertura herbácea) (>50 %) / Tierras de cultivo (>50 %)	0.24	3.96	2.142%	0.005
Cubierta de árbol, hoja ancha, árbol de hoja perenne, (>15%)	0.35	175.41	94.888%	0.332
Cubierta de árbol, hoja ancha, árbol de hoja estacionaria, (>15%)	0.4	0.45	0.243%	0.001
Cubierta de árbol, hoja ancha, árbol de hoja estacionaria abierta (15-40%)	0.45	0.45	0.243%	0.001
	TOTAL	184.86	100%	0.3526
Coefficiente de escorrentía ponderado para los distintos tipos de uso de suelos				
Tipo de uso de suelo	"C"	área	Porcentaje área	"C" Ponderado



Matorrales	0.36	0.27	4%	0.019
Pradera	0.34	0.81	12%	0.054
Áreas Urbanas	0.8	0	0%	0.000
Vegetación escasa (árbol, arbusto, cobertura herbácea) (<15%)	0.43	0.18	3%	0.015
Tierras de cultivo, de secano	0.6	1.89	27%	0.221
árbol de mosaico y arbusto (>50%) /Cobertura herbácea (<50%)	0.3	1.98	29%	0.116
Mosaico cubierto herbácea (>50%) /árbol y arbusto (<50%)	0.36	0	0%	0.000
TOTAL	5.13		74%	0.425

Fuente: Elaboración propia.

Sobre la tabla N° 08 se tiene un coeficiente de escorrentía en el año 1993 para cobertura vegetal de **0.3526** y para el uso de suelo un coeficiente de escorrentía de **0.425** evidenciando una diferencia de 0.0724 para ambas clasificaciones dentro de la cuenca.

Tabla 9: Estimación del coeficiente de escorrentía del año 1994

ESTIMACION DEL COEFICIENTE DE ESCORRENTIA DE LA CUENCA CHUYAPI EN EL AÑO 1994				
Coeficiente de escorrentía ponderado para los distintos tipos de cobertura vegetal				
Tipo de cobertura	"C"	área	Porcentaje área	"C" Ponderado
Cubierta herbácea	0.4	0.45	0.243%	0.001
Mosaico de tierras de cultivo (>50 %) / Vegetación natural (árbol, arbusto, cobertura herbácea) (<50 %)	0.55	4.14	2.240%	0.012
Mosaico vegetación natural (árbol, arbusto, cobertura herbácea) (>50 %) / Tierras de cultivo (>50 %)	0.24	3.96	2.142%	0.005
Cubierta de árbol, hoja ancha, árbol de hoja perenne, (>15%)	0.35	175.41	94.888%	0.332



Cubierta de árbol, hoja ancha, árbol de hoja estacionaria, (>15%)	0.4	0.45	0.243%	0.001
Cubierta de árbol, hoja ancha, árbol de hoja estacionaria abierta (15-40%)	0.45	0.45	0.243%	0.001
TOTAL	184.86	100%	0.3526	

Coefficiente de escorrentía ponderado para los distintos tipos de uso de suelos				
Tipo de uso de suelo	"C"	área	Porcentaje área	"C" Ponderado
Matorrales	0.36	0.27	5%	0.019
Pradera	0.34	0.81	16%	0.054
Áreas Urbanas	0.8	0	0%	0.000
Vegetación escasa (árbol, arbusto, cobertura herbácea) (<15%)	0.43	0.18	4%	0.015
Tierras de cultivo, de secano	0.6	1.89	37%	0.221
árbol de mosaico y arbusto (>50%) /Cobertura herbácea (<50%)	0.3	1.98	39%	0.116
Mosaico cubierto herbácea (>50%) /árbol y arbusto (<50%)	0.36	0	0%	0.000
TOTAL	5.13	100%	0.425	

Fuente: Elaboración propia.

Sobre la tabla N° 09, se tiene un coeficiente de escorrentía en el año 1994 para cobertura vegetal de **0.3526** y para el uso de suelo un coeficiente de escorrentía de **0.425** evidenciando una diferencia de 0.0724 para ambas clasificaciones dentro de la cuenca.

Tabla 10: Estimación del coeficiente de escorrentía de la cuenca del Chuyapi del año 1995

ESTIMACION DEL COEFICIENTE DE ESCORRENTIA DE LA CUENCA CHUYAPI EN EL AÑO 1995
Coefficiente de escorrentía ponderado para los distintos tipos de cobertura vegetal



Tipo de cobertura	"C"	área	Porcentaje área	"C" Ponderado
Cubierta herbácea	0.4	0.45	0.244%	0.001
Mosaico de tierras de cultivo (>50 %) / Vegetación natural (árbol, arbusto, cobertura herbácea) (<50 %)	0.55	4.14	2.245%	0.012
Mosaico vegetación natural (árbol, arbusto, cobertura herbácea) (>50 %) / Tierras de cultivo (>50 %)	0.24	3.96	2.147%	0.005
Cubierta de árbol, hoja ancha, árbol de hoja perenne, (>15%)	0.35	175.41	95.120%	0.333
Cubierta de árbol, hoja ancha, árbol de hoja estacionaria, (>15%)	0.4	0.45	0.244%	0.001
Cubierta de árbol, hoja ancha, árbol de hoja estacionaria abierta (15-40%)	0.45	0.45	0.244%	0.001
	TOTAL	184.86	100%	0.3535

Coefficiente de escorrentía ponderado para los distintos tipos de uso de suelos

Tipo de uso de suelo	"C"	área	Porcentaje área	"C" Ponderado
Matorrales	0.36	0.27	5%	0.019
Pradera	0.34	0.81	16%	0.054
Áreas Urbanas	0.8	0	0%	0.000
Vegetación escasa (árbol, arbusto, cobertura herbácea) (<15%)	0.43	0.18	4%	0.015
Tierras de cultivo, de secano	0.6	1.89	37%	0.221
árbol de mosaico y arbusto (>50%) / Cobertura herbácea (<50%)	0.3	1.98	39%	0.116
Mosaico cubierto herbácea (>50%) / árbol y arbusto (<50%)	0.36	0	0%	0.000
	TOTAL	5.13	100%	0.425

Fuente: Elaboración propia.

Sobre la tabla N° 10, se tiene un coeficiente de escorrentía en el año 1995 para cobertura vegetal de **0.3535** y para el uso de suelo un coeficiente de escorrentía de **0.425** evidenciando una diferencia de 0.0724 para ambas clasificaciones dentro de la cuenca.



Tabla 11: Estimación del coeficiente de escorrentía de la cuenca del Chuyapi del año 1996

ESTIMACION DEL COEFICIENTE DE ESCORRENTIA DE LA CUENCA CHUYAPI EN EL AÑO 1996				
Coeficiente de escorrentía ponderado para los distintos tipos de cobertura vegetal				
Tipo de cobertura	"C"	Área	Porcentaje Área	"C" Ponderado
Cubierta herbácea	0.4	0.45	0.243%	0.001
Mosaico de tierras de cultivo (>50 %) / Vegetación natural (Árbol, arbusto, cobertura herbácea) (<50 %)	0.55	4.14	2.240%	0.012
Mosaico vegetación natural (Árbol, arbusto, cobertura herbácea) (>50 %) / Tierras de cultivo (>50 %)	0.24	3.96	2.142%	0.005
Cubierta de árbol, hoja ancha, árbol de hoja perenne, (>15%)	0.35	175.41	94.888%	0.332
Cubierta de árbol, hoja ancha, árbol de hoja estacionaria, (>15%)	0.4	0.45	0.243%	0.001
Cubierta de árbol, hoja ancha, árbol de hoja estacionaria abierta (15-40%)	0.45	0.45	0.243%	0.001
	TOTAL	184.86	100%	0.3526
Coeficiente de escorrentía ponderado para los distintos tipos de uso de suelos				
Tipo de uso de suelo	"C"	Área	Porcentaje Área	"C" Ponderado
Matorrales	0.36	0.27	5%	0.019
Pradera	0.34	0.81	16%	0.053
Áreas Urbanas	0.8	0.08	2%	0.012
Vegetación escasa (Árbol, arbusto, cobertura herbácea) (<15%)	0.43	0.18	3%	0.015
Tierras de cultivo, de secano	0.6	1.89	36%	0.218



Árbol de mosaico y arbusto (>50%) / Cobertura herbácea (<50%)	0.3	1.98	38%	0.114
Mosaico cubierto herbácea (>50%) / Árbol y arbusto (<50%)	0.36	0	0%	0.000
TOTAL		5.21	100%	0.430

Fuente: Elaboración propia.

Sobre la tabla N° 11, se tiene un coeficiente de escorrentía en el año 1996 para cobertura vegetal de **0.3526** y para el uso de suelo un coeficiente de escorrentía de **0.430** evidenciando una diferencia de 0.0774 para ambas clasificaciones dentro de la cuenca.

Tabla 12: Estimación del coeficiente de escorrentía de la cuenca del Chuyapi del año 1997

ESTIMACION DEL COEFICIENTE DE ESCORRENTIA DE LA CUENCA CHUYAPI EN EL AÑO 1997				
Coeficiente de escorrentía ponderado para los distintos tipos de cobertura vegetal				
Tipo de cobertura	"C"	Área	Porcentaje Área	"C" Ponderado
Cubierta herbácea	0.4	0.45	0.243%	0.001
Mosaico de tierras de cultivo (>50 %) / Vegetación natural (Árbol, arbusto, cobertura herbácea) (<50 %)	0.55	4.14	2.240%	0.012
Mosaico vegetación natural (Árbol, arbusto, cobertura herbácea) (>50 %) / Tierras de cultivo (>50 %)	0.24	3.96	2.142%	0.005
Cubierta de árbol, hoja ancha, árbol de hoja perenne, (>15%)	0.35	175.41	94.888%	0.332
Cubierta de árbol, hoja ancha, árbol de hoja estacionaria, (>15%)	0.4	0.45	0.243%	0.001
Cubierta de árbol, hoja ancha, árbol de hoja estacionaria abierta (15-40%)	0.45	0.45	0.243%	0.001
TOTAL		184.86	100%	0.3526



Coefficiente de escorrentía ponderado para los distintos tipos de uso de suelos				
Tipo de uso de suelo	"C"	área	Porcentaje área	"C" Ponderado
Matorrales	0.36	0.27	5%	0.019
Pradera	0.34	0.81	16%	0.053
Áreas Urbanas	0.8	0.08	2%	0.012
Vegetación escasa (Árbol, arbusto, cobertura herbácea) (<15%)	0.43	0.18	3%	0.015
Tierras de cultivo, de secano	0.6	1.89	36%	0.218
Árbol de mosaico y arbusto (>50%) /Cobertura herbácea (<50%)	0.3	1.98	38%	0.114
Mosaico cubierto herbácea (>50%) /Árbol y arbusto (<50%)	0.36	0	0%	0.000
TOTAL		5.21	100%	0.430

Fuente: Elaboración propia.

Sobre la tabla N° 12, se tiene un coeficiente de escorrentía en el año 1997 para cobertura vegetal de **0.3526** y para el uso de suelo un coeficiente de escorrentía de **0.430** evidenciando una diferencia de 0.0774 para ambas clasificaciones dentro de la cuenca.

Tabla 13: Estimación del coeficiente de escorrentía de la cuenca del Chuyapi del año 1998

ESTIMACION DEL COEFICIENTE DE ESCORRENTIA DE LA CUENCA CHUYAPI EN EL AÑO 1998				
Coefficiente de escorrentía ponderado para los distintos tipos de cobertura vegetal				
Tipo de cobertura	"C"	Área	Porcentaje Área	"C" Ponderado
Cubierta herbácea	0.4	0.54	0.295%	0.001
Mosaico de tierras de cultivo (>50 %) / Vegetación natural (Árbol, arbusto, cobertura herbácea) (<50 %)	0.55	4.5	2.456%	0.014



Mosaico vegetación natural (Árbol, arbusto, cobertura herbácea) (>50 %) / Tierras de cultivo (>50 %)	0.24	4.41	2.407%	0.006
Cubierta de árbol, hoja ancha, árbol de hoja perenne, (>15%)	0.35	173.16	94.499%	0.331
Cubierta de árbol, hoja ancha, árbol de hoja estacionaria, (>15%)	0.4	0.45	0.246%	0.001
Cubierta de árbol, hoja ancha, árbol de hoja estacionaria abierta (15-40%)	0.45	0.18	0.098%	0.000
TOTAL		183.24	100%	0.3526

Coefficiente de escorrentía ponderado para los distintos tipos de uso de suelos

Tipo de uso de suelo	"C"	Área	Porcentaje Área	"C" Ponderado
Matorrales	0.36	1.44	21%	0.076
Pradera	0.34	0.81	12%	0.040
Áreas Urbanas	0.8	0.08	1%	0.009
Vegetación escasa (Árbol, arbusto, cobertura herbácea) (<15%)	0.43	0.18	3%	0.011
Tierras de cultivo, de secano	0.6	1.89	28%	0.166
Árbol de mosaico y arbusto (>50%) / Cobertura herbácea (<50%)	0.3	2.16	32%	0.095
Mosaico cubierto herbácea (>50%) / Árbol y arbusto (<50%)	0.36	0.27	4%	0.014
TOTAL		6.83	100%	0.412

Fuente: Elaboración propia.

Sobre la tabla N° 13, se tiene un coeficiente de escorrentía en el año 1998 para cobertura vegetal de **0.3526** y para el uso de suelo un coeficiente de escorrentía de **0.412** evidenciando una diferencia de 0.0594 para ambas clasificaciones dentro de la cuenca.



Tabla 14: Estimación del coeficiente de escorrentía de la cuenca del Chuyapi del año 1999

ESTIMACION DEL COEFICIENTE DE ESCORRENTIA DE LA CUENCA CHUYAPI EN EL AÑO 1999				
Coeficiente de escorrentía ponderado para los distintos tipos de cobertura vegetal				
Tipo de cobertura	"C"	Área	Porcentaje Área	"C" Ponderado
Cubierta herbácea	0.4	0.54	0.295%	0.001
Mosaico de tierras de cultivo (>50 %) / Vegetación natural (Árbol, arbusto, cobertura herbácea) (<50 %)	0.55	4.95	2.704%	0.015
Mosaico vegetación natural (Árbol, arbusto, cobertura herbácea) (>50 %) / Tierras de cultivo (>50 %)	0.24	4.41	2.409%	0.006
Cubierta de árbol, hoja ancha, árbol de hoja perenne, (>15%)	0.35	172.53	94.248%	0.330
Cubierta de árbol, hoja ancha, árbol de hoja estacionaria, (>15%)	0.4	0.45	0.246%	0.001
Cubierta de árbol, hoja ancha, árbol de hoja estacionaria abierta (15-40%)	0.45	0.18	0.098%	0.000
TOTAL		183.06	100%	0.3531
Coeficiente de escorrentía ponderado para los distintos tipos de uso de suelos				
Tipo de uso de suelo	"C"	Área	Porcentaje Área	"C" Ponderado
Matorrales	0.36	1.44	21%	0.075
Pradera	0.34	0.72	10%	0.035
Áreas Urbanas	0.8	0.09	1%	0.010
Vegetación escasa (Árbol, arbusto, cobertura herbácea) (<15%)	0.43	0.18	3%	0.011
Tierras de cultivo, de secano	0.6	1.89	27%	0.164
Árbol de mosaico y arbusto (>50%) /Cobertura herbácea (<50%)	0.3	2.16	31%	0.094
Mosaico cubierto herbácea (>50%) /Árbol y arbusto (<50%)	0.36	0.45	6%	0.023
TOTAL		6.93	100%	0.412



Fuente: Elaboración propia.

Sobre la tabla N° 14, se tiene un coeficiente de escorrentía en el año 1999 para cobertura vegetal de **0.3531** y para el uso de suelo un coeficiente de escorrentía de **0.412** evidenciando una diferencia de 0.0589 para ambas clasificaciones dentro de la cuenca.

Tabla 15: Estimación del coeficiente de escorrentía de la cuenca del Chuyapi del año 2000

ESTIMACION DEL COEFICIENTE DE ESCORRENTIA DE LA CUENCA CHUYAPI EN EL AÑO 2000				
Coefficiente de escorrentía ponderado para los distintos tipos de cobertura vegetal				
Tipo de cobertura	"C"	Área	Porcentaje Área	"C" Ponderado
Cubierta herbácea	0.4	0.54	0.295%	0.001
Mosaico de tierras de cultivo (>50 %) / Vegetación natural (Árbol, arbusto, cobertura herbácea) (<50 %)	0.55	4.95	2.704%	0.015
Mosaico vegetación natural (Árbol, arbusto, cobertura herbácea) (>50 %) / Tierras de cultivo (>50 %)	0.24	4.41	2.409%	0.006
Cubierta de árbol, hoja ancha, árbol de hoja perenne, (>15%)	0.35	172.53	94.248%	0.330
Cubierta de árbol, hoja ancha, árbol de hoja estacionaria, (>15%)	0.4	0.45	0.246%	0.001
Cubierta de árbol, hoja ancha, árbol de hoja estacionaria abierta (15-40%)	0.45	0.18	0.098%	0.000
TOTAL		183.06	100%	0.3531
Coefficiente de escorrentía ponderado para los distintos tipos de uso de suelos				
Tipo de uso de suelo	"C"	Área	Porcentaje Área	"C" Ponderado
Matorrales	0.36	1.44	21%	0.075



Pradera	0.34	0.72	10%	0.035
Áreas Urbanas	0.8	0.09	1%	0.010
Vegetación escasa (Árbol, arbusto, cobertura herbácea) (<15%)	0.43	0.18	3%	0.011
Tierras de cultivo, de secano	0.6	1.89	27%	0.164
Árbol de mosaico y arbusto (>50%) /Cobertura herbácea (<50%)	0.3	2.16	31%	0.094
Mosaico cubierto herbácea (>50%) /árbol y arbusto (<50%)	0.36	0.45	6%	0.023
TOTAL	6.93		100%	0.412

Fuente: Elaboración propia.

Sobre la tabla N° 15, se tiene un coeficiente de escorrentía en el año 2000 para cobertura vegetal de **0.3531** y para el uso de suelo un coeficiente de escorrentía de **0.3531** evidenciando una diferencia de 0.0589 para ambas clasificaciones dentro de la cuenca.

Tabla 16: Estimación del coeficiente de escorrentía de la cuenca del Chuyapi del año 2001

ESTIMACION DEL COEFICIENTE DE ESCORRENTIA DE LA CUENCA CHUYAPI EN EL AÑO 2001				
Coefficiente de escorrentía ponderado para los distintos tipos de cobertura vegetal				
Tipo de cobertura	"C"	área	Porcentaje área	"C" Ponderado
Cubierta herbácea	0.4	1.89	1.025%	0.004
Mosaico de tierras de cultivo (>50 %) / Vegetación natural (Árbol, arbusto, cobertura herbácea) (<50 %)	0.55	4.14	2.245%	0.012
Mosaico vegetación natural (Árbol, arbusto, cobertura herbácea) (>50 %) / Tierras de cultivo (>50 %)	0.24	4.41	2.391%	0.006
Cubierta de árbol, hoja ancha, árbol de hoja perenne, (>15%)	0.35	173.34	93.997%	0.329



Cubierta de árbol, hoja ancha, árbol de hoja estacionaria, (>15%)	0.4	0.45	0.244%	0.001
Cubierta de árbol, hoja ancha, árbol de hoja estacionaria abierta (15-40%)	0.45	0.18	0.098%	0.000
TOTAL	184.41	100%	0.3526	

Coefficiente de escorrentía ponderado para los distintos tipos de uso de suelos				
Tipo de uso de suelo	"C"	Área	Porcentaje Área	"C" Ponderado
Matorrales	0.36	1.44	21%	0.075
Pradera	0.34	0.72	10%	0.035
Áreas Urbanas	0.8	0.09	1%	0.010
Vegetación escasa (Árbol, arbusto, cobertura herbácea) (<15%)	0.43	0.18	3%	0.011
Tierras de cultivo, de secano	0.6	1.89	27%	0.164
Árbol de mosaico y arbusto (>50%) /Cobertura herbácea (<50%)	0.3	2.16	31%	0.094
Mosaico cubierto herbácea (>50%) /Árbol y arbusto (<50%)	0.36	0.45	6%	0.023
TOTAL	6.93	100%	0.412	

Fuente: Elaboración propia.

Sobre la tabla N° 16, se tiene un coeficiente de escorrentía en el año 2001 para cobertura vegetal de **0.3526** y para el uso de suelo un coeficiente de escorrentía de 0.412 evidenciando una diferencia de 0.0594 para ambas clasificaciones dentro de la cuenca.

Tabla 17: Estimación del coeficiente de escorrentía de la cuenca del Chuyapi del año 2002

ESTIMACION DEL COEFICIENTE DE ESCORRENTIA DE LA CUENCA CHUYAPI EN EL AÑO 2002
Coefficiente de escorrentía ponderado para los distintos tipos de cobertura vegetal



Tipo de cobertura	"C"	área	Porcentaje área	"C" Ponderado
Cubierta herbácea	0.4	0.54	0.295%	0.001
Mosaico de tierras de cultivo (>50 %) / Vegetación natural (árbol, arbusto, cobertura herbácea) (<50 %)	0.55	3.06	1.672%	0.009
Mosaico vegetación natural (árbol, arbusto, cobertura herbácea) (>50 %) / Tierras de cultivo (>50 %)	0.24	4.41	2.409%	0.006
Cubierta de árbol, hoja ancha, árbol de hoja perenne, (>15%)	0.35	174.42	95.280%	0.333
Cubierta de árbol, hoja ancha, árbol de hoja estacionaria, (>15%)	0.4	0.45	0.246%	0.001
Cubierta de árbol, hoja ancha, árbol de hoja estacionaria abierta (15-40%)	0.45	0.18	0.098%	0.000
	TOTAL	183.06	100%	0.3511

Coefficiente de escorrentía ponderado para los distintos tipos de uso de suelos

Tipo de uso de suelo	"C"	área	Porcentaje área	"C" Ponderado
Matorrales	0.36	1.44	21%	0.075
Pradera	0.34	0.72	10%	0.035
Áreas Urbanas	0.8	0.09	1%	0.010
Vegetación escasa (árbol, arbusto, cobertura herbácea) (<15%)	0.43	0.18	3%	0.011
Tierras de cultivo, de secano	0.6	1.89	27%	0.164
árbol de mosaico y arbusto (>50%) / Cobertura herbácea (<50%)	0.3	2.16	31%	0.094
Mosaico cubierto herbácea (>50%) / árbol y arbusto (<50%)	0.36	0.45	6%	0.023
	TOTAL	6.93	100%	0.412

Fuente: Elaboración propia.

Sobre la tabla N° 17, se tiene un coeficiente de escorrentía en el año 2002 para cobertura vegetal de 0.3511 y para el uso de suelo un coeficiente de escorrentía de 0.412 evidenciando una diferencia de 0.0609 para ambas clasificaciones dentro de la cuenca.



Tabla 18: Estimación del coeficiente de escorrentía de la cuenca del Chuyapi del año 2003

ESTIMACION DEL COEFICIENTE DE ESCORRENTIA DE LA CUENCA CHUYAPI EN EL AÑO 2003				
Coeficiente de escorrentía ponderado para los distintos tipos de cobertura vegetal				
Tipo de cobertura	"C"	área	Porcentaje área	"C" Ponderado
Cubierta herbácea	0.4	1.89	1.025%	0.004
Mosaico de tierras de cultivo (>50 %) / Vegetación natural (Árbol, arbusto, cobertura herbácea) (<50 %)	0.55	2.25	1.220%	0.007
Mosaico vegetación natural (árbol, arbusto, cobertura herbácea) (>50 %) / Tierras de cultivo (>50 %)	0.24	4.41	2.391%	0.006
Cubierta de árbol, hoja ancha, árbol de hoja perenne, (>15%)	0.35	175.23	95.022%	0.333
Cubierta de árbol, hoja ancha, árbol de hoja estacionaria, (>15%)	0.4	0.45	0.244%	0.001
Cubierta de árbol, hoja ancha, árbol de hoja estacionaria abierta (15-40%)	0.45	0.18	0.098%	0.000
TOTAL		184.41	100%	0.3505
Coeficiente de escorrentía ponderado para los distintos tipos de uso de suelos				
Tipo de uso de suelo	"C"	área	Porcentaje área	"C" Ponderado
Matorrales	0.36	1.44	21%	0.075
Pradera	0.34	0.72	10%	0.035
Áreas Urbanas	0.8	0.09	1%	0.010
Vegetación escasa (árbol, arbusto, cobertura herbácea) (<15%)	0.43	0.18	3%	0.011
Tierras de cultivo, de secano	0.6	1.89	27%	0.164
árbol de mosaico y arbusto (>50%) /Cobertura herbácea (<50%)	0.3	2.16	31%	0.094
Mosaico cubierto herbácea (>50%) /árbol y arbusto (<50%)	0.36	0.45	6%	0.023
TOTAL		6.93	100%	0.412



Fuente: Elaboración propia.

Sobre la tabla N° 18, se tiene un coeficiente de escorrentía en el año 2003 para cobertura vegetal de 0.3505 y para el uso de suelo un coeficiente de escorrentía de 0.412 evidenciando una diferencia de 0.0615 para ambas clasificaciones dentro de la cuenca.

Tabla 19: Estimación del coeficiente de escorrentía de la cuenca del Chuyapi del año 2004

ESTIMACION DEL COEFICIENTE DE ESCORRENTIA DE LA CUENCA CHUYAPI EN EL AÑO 2004				
Coefficiente de escorrentía ponderado para los distintos tipos de cobertura vegetal				
Tipo de cobertura	"C"	área	Porcentaje área	"C" Ponderado
Cubierta herbácea	0.4	0.54	0.295%	0.001
Mosaico de tierras de cultivo (>50 %) / Vegetación natural (árbol, arbusto, cobertura herbácea) (<50 %)	0.55	2.25	1.231%	0.007
Mosaico vegetación natural (árbol, arbusto, cobertura herbácea) (>50 %) / Tierras de cultivo (>50 %)	0.24	4.41	2.413%	0.006
Cubierta de árbol, hoja ancha, árbol de hoja perenne, (>15%)	0.35	174.96	95.716%	0.335
Cubierta de árbol, hoja ancha, árbol de hoja estacionaria, (>15%)	0.4	0.45	0.246%	0.001
Cubierta de árbol, hoja ancha, árbol de hoja estacionaria abierta (15-40%)	0.45	0.18	0.098%	0.000
TOTAL		182.79	100%	0.3502
Coefficiente de escorrentía ponderado para los distintos tipos de uso de suelos				
Tipo de uso de suelo	"C"	área	Porcentaje área	"C" Ponderado
Matorrales	0.36	1.44	20%	0.072
Pradera	0.34	0.72	10%	0.034
Áreas Urbanas	0.8	0.09	1%	0.010



Vegetación escasa (árbol, arbusto, cobertura herbácea) (<15%)	0.43	0.18	3%	0.011
Tierras de cultivo, de secano	0.6	1.89	26%	0.158
árbol de mosaico y arbusto (>50%) /Cobertura herbácea (<50%)	0.3	2.16	30%	0.090
Mosaico cubierto herbácea (>50%) /árbol y arbusto (<50%)	0.36	0.72	10%	0.036
TOTAL		7.2	100%	0.410

Fuente: Elaboración propia.

Sobre la tabla N° 19, se tiene un coeficiente de escorrentía en el año 2004 para cobertura vegetal de **0.3502** y para el uso de suelo un coeficiente de escorrentía de **0.410** evidenciando una diferencia de 0.0598 para ambas clasificaciones dentro de la cuenca.

Tabla 20: Estimación del coeficiente de escorrentía de la cuenca del Chuyapi del año 2005

ESTIMACION DEL COEFICIENTE DE ESCORRENTIA DE LA CUENCA CHUYAPI EN EL AÑO 2005				
Coeficiente de escorrentía ponderado para los distintos tipos de cobertura vegetal				
Tipo de cobertura	"C"	área	Porcentaje área	"C" Ponderado
Cubierta herbácea	0.4	0.54	0.295%	0.001
Mosaico de tierras de cultivo (>50 %) / Vegetación natural (árbol, arbusto, cobertura herbácea) (<50 %)	0.55	2.25	1.231%	0.007
Mosaico vegetación natural (árbol, arbusto, cobertura herbácea) (>50 %) / Tierras de cultivo (>50 %)	0.24	4.41	2.413%	0.006
Cubierta de árbol, hoja ancha, árbol de hoja perenne, (>15%)	0.35	174.96	95.716%	0.335
Cubierta de árbol, hoja ancha, árbol de hoja estacionaria, (>15%)	0.4	0.45	0.246%	0.001



Cubierta de árbol, hoja ancha, árbol de hoja estacionaria abierta (15-40%)	0.45	0.18	0.098%	0.000
TOTAL		182.79	100%	0.3502

Coefficiente de escorrentía ponderado para los distintos tipos de uso de suelos				
Tipo de uso de suelo	"C"	área	Porcentaje área	"C" Ponderado
Matorrales	0.36	1.44	21%	0.075
Pradera	0.34	0.72	10%	0.035
Áreas Urbanas	0.8	0.09	1%	0.010
Vegetación escasa (árbol, arbusto, cobertura herbácea) (<15%)	0.43	0.18	3%	0.011
Tierras de cultivo, de secano	0.6	1.89	27%	0.164
árbol de mosaico y arbusto (>50%) /Cobertura herbácea (<50%)	0.3	2.16	31%	0.094
Mosaico cubierto herbácea (>50%) /árbol y arbusto (<50%)	0.36	0.42	6%	0.022
TOTAL		6.9	100%	0.412

Fuente: Elaboración propia.

Sobre la tabla N° 20, se tiene un coeficiente de escorrentía en el año 2005 para cobertura vegetal de **0.3502** y para el uso de suelo un coeficiente de escorrentía de **0.412** evidenciando una diferencia de 0.0618 para ambas clasificaciones dentro de la cuenca.

Tabla 21: Estimación del coeficiente de escorrentía de la cuenca del Chuyapi del año 2006

ESTIMACION DEL COEFICIENTE DE ESCORRENTIA DE LA CUENCA CHUYAPI EN EL AÑO 2006				
Coefficiente de escorrentía ponderado para los distintos tipos de cobertura vegetal				
Tipo de cobertura	"C"	área	Porcentaje área	"C" Ponderado
Cubierta herbácea	0.4	0.54	0.295%	0.001



Mosaico de tierras de cultivo (>50 %) / Vegetación natural (árbol, arbusto, cobertura herbácea) (<50 %)	0.55	2.25	1.231%	0.007
Mosaico vegetación natural (árbol, arbusto, cobertura herbácea) (>50 %) / Tierras de cultivo (>50 %)	0.24	4.41	2.413%	0.006
Cubierta de árbol, hoja ancha, árbol de hoja perenne, (>15%)	0.35	174.96	95.716%	0.335
Cubierta de árbol, hoja ancha, árbol de hoja estacionaria, (>15%)	0.4	0.45	0.246%	0.001
Cubierta de árbol, hoja ancha, árbol de hoja estacionaria abierta (15-40%)	0.45	0.18	0.098%	0.000
TOTAL		182.79	100%	0.3502

Coefficiente de escorrentía ponderado para los distintos tipos de uso de suelos

Tipo de uso de suelo	"C"	área	Porcentaje área	"C" Ponderado
Matorrales	0.36	1.44	20%	0.072
Pradera	0.34	0.72	10%	0.034
Áreas Urbanas	0.8	0.09	1%	0.010
Vegetación escasa (árbol, arbusto, cobertura herbácea) (<15%)	0.43	0.18	3%	0.011
Tierras de cultivo, de secano	0.6	1.89	26%	0.158
árbol de mosaico y arbusto (>50%) / Cobertura herbácea (<50%)	0.3	2.16	30%	0.090
Mosaico cubierto herbácea (>50%) / árbol y arbusto (<50%)	0.36	0.72	10%	0.036
TOTAL		7.2	100%	0.410

Fuente: Elaboración propia.

Sobre la tabla N° 21, se tiene un coeficiente de escorrentía en el año 2006 para cobertura vegetal de **0.3502** y para el uso de suelo un coeficiente de escorrentía de **0.410** evidenciando una diferencia de 0.0598 para ambas clasificaciones dentro de la cuenca.



Tabla 22: Estimación del coeficiente de escorrentía de la cuenca del Chuyapi

ESTIMACION DEL COEFICIENTE DE ESCORRENTIA DE LA CUENCA CHUYAPI EN EL AÑO 2007				
Coeficiente de escorrentía ponderado para los distintos tipos de cobertura vegetal				
Tipo de cobertura	"C"	área	Porcentaje área	"C" Ponderado
Cubierta herbácea	0.4	0.54	0.296%	0.001
Mosaico de tierras de cultivo (>50 %) / Vegetación natural (árbol, arbusto, cobertura herbácea) (<50 %)	0.55	2.25	1.232%	0.007
Mosaico vegetación natural (árbol, arbusto, cobertura herbácea) (>50 %) / Tierras de cultivo (>50 %)	0.24	4.41	2.414%	0.006
Cubierta de árbol, hoja ancha, árbol de hoja perenne, (>15%)	0.35	174.87	95.714%	0.335
Cubierta de árbol, hoja ancha, árbol de hoja estacionaria, (>15%)	0.4	0.45	0.246%	0.001
Cubierta de árbol, hoja ancha, árbol de hoja estacionaria abierta (15-40%)	0.45	0.18	0.099%	0.000
TOTAL		182.7	100%	0.3502
Coeficiente de escorrentía ponderado para los distintos tipos de uso de suelos				
Tipo de uso de suelo	"C"	área	Porcentaje área	"C" Ponderado
Matorrales	0.36	1.44	20%	0.071
Pradera	0.34	0.72	10%	0.034
Áreas Urbanas	0.8	0.09	1%	0.010
Vegetación escasa (árbol, arbusto, cobertura herbácea) (<15%)	0.43	0.18	2%	0.011
Tierras de cultivo, de secano	0.6	1.89	26%	0.156
árbol de mosaico y arbusto (>50%) /Cobertura herbácea (<50%)	0.3	2.16	30%	0.089
Mosaico cubierto herbácea (>50%) /árbol y arbusto (<50%)	0.36	0.81	11%	0.040
TOTAL		7.29	100%	0.410

Fuente: Elaboración propia.



Sobre la tabla N° 22, se tiene un coeficiente de escorrentía en el año 2007 para cobertura vegetal de **0.3502** y para el uso de suelo un coeficiente de escorrentía de 0.410 evidenciando una diferencia de 0.0598 para ambas clasificaciones dentro de la cuenca.

Tabla 23: Estimación del coeficiente de escorrentía de la cuenca del Chuyapi

ESTIMACION DEL COEFICIENTE DE ESCORRENTIA DE LA CUENCA CHUYAPI EN EL AÑO 2008				
Coeficiente de escorrentía ponderado para los distintos tipos de cobertura vegetal				
Tipo de cobertura	"C"	área	Porcentaje área	"C" Ponderado
Cubierta herbácea	0.4	0.54	0.296%	0.001
Mosaico de tierras de cultivo (>50 %) / Vegetación natural (árbol, arbusto, cobertura herbácea) (<50 %)	0.55	2.25	1.232%	0.007
Mosaico vegetación natural (árbol, arbusto, cobertura herbácea) (>50 %) / Tierras de cultivo (>50 %)	0.24	4.41	2.414%	0.006
Cubierta de árbol, hoja ancha, árbol de hoja perenne, (>15%)	0.35	174.87	95.714%	0.335
Cubierta de árbol, hoja ancha, árbol de hoja estacionaria, (>15%)	0.4	0.45	0.246%	0.001
Cubierta de árbol, hoja ancha, árbol de hoja estacionaria abierta (15-40%)	0.45	0.18	0.099%	0.000
	TOTAL	182.7	100%	0.3502
Coeficiente de escorrentía ponderado para los distintos tipos de uso de suelos				
Tipo de uso de suelo	"C"	área	Porcentaje área	"C" Ponderado
Matorrales	0.36	1.44	20%	0.071
Pradera	0.34	0.63	9%	0.029
Áreas Urbanas	0.8	0.27	4%	0.030



Vegetación escasa (árbol, arbusto, cobertura herbácea) (<15%)	0.43	0.18	2%	0.011
Tierras de cultivo, de secano	0.6	1.8	25%	0.148
árbol de mosaico y arbusto (>50%) /Cobertura herbácea (<50%)	0.3	2.16	30%	0.089
Mosaico cubierto herbácea (>50%) /árbol y arbusto (<50%)	0.36	0.81	11%	0.040
TOTAL	7.29		100%	0.418

Fuente: Elaboración propia.

Sobre la tabla N° 23, se tiene un coeficiente de escorrentía en el año 2008 para cobertura vegetal de **0.3502** y para el uso de suelo un coeficiente de escorrentía de **0.418** evidenciando una diferencia de 0.0678 para ambas clasificaciones dentro de la cuenca.

Tabla 24: Estimación del coeficiente de escorrentía de la cuenca del Chuyapi

ESTIMACION DEL COEFICIENTE DE ESCORRENTIA DE LA CUENCA CHUYAPI EN EL AÑO 2009				
Coeficiente de escorrentía ponderado para los distintos tipos de cobertura vegetal				
Tipo de cobertura	"C"	área	Porcentaje área	"C" Ponderado
Cubierta herbácea	0.4	0.54	0.296%	0.001
Mosaico de tierras de cultivo (>50 %) / Vegetación natural (árbol, arbusto, cobertura herbácea) (<50 %)	0.55	2.25	1.232%	0.007
Mosaico vegetación natural (árbol, arbusto, cobertura herbácea) (>50 %) / Tierras de cultivo (>50 %)	0.24	4.41	2.414%	0.006
Cubierta de árbol, hoja ancha, árbol de hoja perenne, (>15%)	0.35	174.87	95.714%	0.335
Cubierta de árbol, hoja ancha, árbol de hoja estacionaria, (>15%)	0.4	0.45	0.246%	0.001



Cubierta de árbol, hoja ancha, árbol de hoja estacionaria abierta (15-40%)	0.45	0.18	0.099%	0.000
TOTAL		182.7	100%	0.3502

Coefficiente de escorrentía ponderado para los distintos tipos de uso de suelos				
Tipo de uso de suelo	"C"	área	Porcentaje área	"C" Ponderado
Matorrales	0.36	1.44	20%	0.071
Pradera	0.34	0.63	9%	0.029
Áreas Urbanas	0.8	0.27	4%	0.030
Vegetación escasa (árbol, arbusto, cobertura herbácea) (<15%)	0.43	0.18	2%	0.011
Tierras de cultivo, de secano	0.6	1.8	25%	0.148
árbol de mosaico y arbusto (>50%) /Cobertura herbácea (<50%)	0.3	2.16	30%	0.089
Mosaico cubierto herbácea (>50%) /árbol y arbusto (<50%)	0.36	0.81	11%	0.040
TOTAL		7.29	100%	0.418

Fuente: Elaboración propia.

Sobre la tabla N° 24, se tiene un coeficiente de escorrentía en el año 2009 para cobertura vegetal de 0.3502 y para el uso de suelo un coeficiente de escorrentía de 0.418 evidenciando una diferencia de 0.0678 para ambas clasificaciones dentro de la cuenca.

Tabla 25: Estimación del coeficiente de escorrentía de la cuenca del Chuyapi 2010

ESTIMACION DEL COEFICIENTE DE ESCORRENTIA DE LA CUENCA CHUYAPI EN EL AÑO 2010				
Coefficiente de escorrentía ponderado para los distintos tipos de cobertura vegetal				
Tipo de cobertura	"C"	área	Porcentaje área	"C" Ponderado
Cubierta herbácea	0.4	0.54	0.296%	0.001



Mosaico de tierras de cultivo (>50 %) / Vegetación natural (árbol, arbusto, cobertura herbácea) (<50 %)	0.55	2.25	1.232%	0.007
Mosaico vegetación natural (árbol, arbusto, cobertura herbácea) (>50 %) / Tierras de cultivo (>50 %)	0.24	4.41	2.414%	0.006
Cubierta de árbol, hoja ancha, árbol de hoja perenne, (>15%)	0.35	174.87	95.714%	0.335
Cubierta de árbol, hoja ancha, árbol de hoja estacionaria, (>15%)	0.4	0.45	0.246%	0.001
Cubierta de árbol, hoja ancha, árbol de hoja estacionaria abierta (15-40%)	0.45	0.18	0.099%	0.000
TOTAL		182.7	100%	0.3502

Coefficiente de escorrentía ponderado para los distintos tipos de uso de suelos

Tipo de uso de suelo	"C"	área	Porcentaje área	"C" Ponderado
Matorrales	0.36	1.44	20%	0.071
Pradera	0.34	0.54	7%	0.025
Áreas Urbanas	0.8	0.54	7%	0.059
Vegetación escasa (árbol, arbusto, cobertura herbácea) (<15%)	0.43	0	0%	0.000
Tierras de cultivo, de secano	0.6	1.8	25%	0.148
árbol de mosaico y arbusto (>50%) / Cobertura herbácea (<50%)	0.3	2.16	30%	0.089
Mosaico cubierto herbácea (>50%) / árbol y arbusto (<50%)	0.36	0.81	11%	0.040
TOTAL		7.29	100%	0.433

Fuente: Elaboración propia.

Sobre la tabla N° 25, se tiene un coeficiente de escorrentía en el año 2010 para cobertura vegetal de 0.3502 y para el uso de suelo un coeficiente de escorrentía de **0.433** evidenciando una diferencia de 0.0828 para ambas clasificaciones dentro de la cuenca.



Tabla 26: Estimación del coeficiente de escorrentía de la cuenca del Chuyapi 2011

ESTIMACION DEL COEFICIENTE DE ESCORRENTIA DE LA CUENCA CHUYAPI EN EL AÑO 2011				
Coeficiente de escorrentía ponderado para los distintos tipos de cobertura vegetal				
Tipo de cobertura	"C"	área	Porcentaje área	"C" Ponderado
Cubierta herbácea	0.4	0.54	0.296%	0.001
Mosaico de tierras de cultivo (>50 %) / Vegetación natural (árbol, arbusto, cobertura herbácea) (<50 %)	0.55	2.25	1.232%	0.007
Mosaico vegetación natural (árbol, arbusto, cobertura herbácea) (>50 %) / Tierras de cultivo (>50 %)	0.24	4.41	2.414%	0.006
Cubierta de árbol, hoja ancha, árbol de hoja perenne, (>15%)	0.35	174.87	95.714%	0.335
Cubierta de árbol, hoja ancha, árbol de hoja estacionaria, (>15%)	0.4	0.45	0.246%	0.001
Cubierta de árbol, hoja ancha, árbol de hoja estacionaria abierta (15-40%)	0.45	0.18	0.099%	0.000
TOTAL		182.7	100%	0.3502
Coeficiente de escorrentía ponderado para los distintos tipos de uso de suelos				
Tipo de uso de suelo	"C"	área	Porcentaje área	"C" Ponderado
Matorrales	0.36	1.44	20%	0.071
Pradera	0.34	0.45	6%	0.021
Áreas Urbanas	0.8	0.63	9%	0.069
Vegetación escasa (árbol, arbusto, cobertura herbácea) (<15%)	0.43	0	0%	0.000
Tierras de cultivo, de secano	0.6	1.8	25%	0.148
árbol de mosaico y arbusto (>50%) /Cobertura herbácea (<50%)	0.3	2.16	30%	0.089
Mosaico cubierto herbácea (>50%) /árbol y arbusto (<50%)	0.36	0.81	11%	0.040
TOTAL		7.29	100%	0.438

Fuente: Elaboración propia.



Sobre la tabla N° 26, se tiene un coeficiente de escorrentía en el año 2011 para cobertura vegetal de **0.3502** y para el uso de suelo un coeficiente de escorrentía de **0.438** evidenciando una diferencia de 0.0878 para ambas clasificaciones dentro de la cuenca.

Tabla 27: Estimación del coeficiente de escorrentía de la cuenca del Chuyapi 2012

ESTIMACION DEL COEFICIENTE DE ESCORRENTIA DE LA CUENCA CHUYAPI EN EL AÑO 2012				
Coeficiente de escorrentía ponderado para los distintos tipos de cobertura vegetal				
Tipo de cobertura	"C"	área	Porcentaje área	"C" Ponderado
Cubierta herbácea	0.4	0.54	0.296%	0.001
Mosaico de tierras de cultivo (>50 %) / Vegetación natural (árbol, arbusto, cobertura herbácea) (<50 %)	0.55	2.25	1.232%	0.007
Mosaico vegetación natural (árbol, arbusto, cobertura herbácea) (>50 %) / Tierras de cultivo (>50 %)	0.24	4.41	2.414%	0.006
Cubierta de árbol, hoja ancha, árbol de hoja perenne, (>15%)	0.35	174.87	95.714%	0.335
Cubierta de árbol, hoja ancha, árbol de hoja estacionaria, (>15%)	0.4	0.45	0.246%	0.001
Cubierta de árbol, hoja ancha, árbol de hoja estacionaria abierta (15-40%)	0.45	0.18	0.099%	0.000
TOTAL		182.7	100%	0.3502
Coeficiente de escorrentía ponderado para los distintos tipos de uso de suelos				
Tipo de uso de suelo	"C"	área	Porcentaje área	"C" Ponderado
Matorrales	0.36	1.44	20%	0.071
Pradera	0.34	0.45	6%	0.021
Áreas Urbanas	0.8	0.63	9%	0.069



Vegetación escasa (árbol, arbusto, cobertura herbácea) (<15%)	0.43	0	0%	0.000
Tierras de cultivo, de secano	0.6	1.8	25%	0.148
árbol de mosaico y arbusto (>50%) /Cobertura herbácea (<50%)	0.3	2.16	30%	0.089
Mosaico cubierto herbácea (>50%) /árbol y arbusto (<50%)	0.36	0.81	11%	0.040
TOTAL	7.29		100%	0.438

Fuente: Elaboración propia.

Sobre la tabla N° 27, se tiene un coeficiente de escorrentía en el año 2012 para cobertura vegetal de 0.3502 y para el uso de suelo un coeficiente de escorrentía de **0.438** evidenciando una diferencia de 0.0878 para ambas clasificaciones dentro de la cuenca.

Tabla 28: Estimación del coeficiente de escorrentía de la cuenca del Chuyapi del año 2013

ESTIMACION DEL COEFICIENTE DE ESCORRENTIA DE LA CUENCA CHUYAPI EN EL AÑO 2013				
Coeficiente de escorrentía ponderado para los distintos tipos de cobertura vegetal				
Tipo de cobertura	"C"	área	Porcentaje área	"C" Ponderado
Cubierta herbácea	0.4	0.54	0.296%	0.001
Mosaico de tierras de cultivo (>50 %) / Vegetación natural (árbol, arbusto, cobertura herbácea) (<50 %)	0.55	2.25	1.232%	0.007
Mosaico vegetación natural (árbol, arbusto, cobertura herbácea) (>50 %) / Tierras de cultivo (>50 %)	0.24	4.41	2.414%	0.006
Cubierta de árbol, hoja ancha, árbol de hoja perenne, (>15%)	0.35	174.87	95.714%	0.335
Cubierta de árbol, hoja ancha, árbol de hoja estacionaria, (>15%)	0.4	0.45	0.246%	0.001



Cubierta de árbol, hoja ancha, árbol de hoja estacionaria abierta (15-40%)	0.45	0.18	0.099%	0.000
TOTAL		182.7	100%	0.3502

Coefficiente de escorrentía ponderado para los distintos tipos de uso de suelos				
Tipo de uso de suelo	"C"	área	Porcentaje área	"C" Ponderado
Matorrales	0.36	1.44	20%	0.071
Pradera	0.34	0.45	6%	0.021
Áreas Urbanas	0.8	0.63	9%	0.069
Vegetación escasa (árbol, arbusto, cobertura herbácea) (<15%)	0.43	0	0%	0.000
Tierras de cultivo, de secano	0.6	1.8	25%	0.148
árbol de mosaico y arbusto (>50%) /Cobertura herbácea (<50%)	0.3	2.16	30%	0.089
Mosaico cubierto herbácea (>50%) /árbol y arbusto (<50%)	0.36	0.81	11%	0.040
TOTAL		7.29	100%	0.438

Fuente: Elaboración propia.

Sobre la tabla N° 28, se tiene un coeficiente de escorrentía en el año 2013 para cobertura vegetal de **0.3502** y para el uso de suelo un coeficiente de escorrentía de **0.438** evidenciando una diferencia de 0.0878 para ambas clasificaciones dentro de la cuenca.

Tabla 29: Estimación del coeficiente de escorrentía de la cuenca del Chuyapi del año 2014

ESTIMACION DEL COEFICIENTE DE ESCORRENTIA DE LA CUENCA CHUYAPI EN EL AÑO 2014				
Coefficiente de escorrentía ponderado para los distintos tipos de cobertura vegetal				
Tipo de cobertura	"C"	área	Porcentaje área	"C" Ponderado
Cubierta herbácea	0.4	0.54	0.296%	0.001



Mosaico de tierras de cultivo (>50 %) / Vegetación natural (árbol, arbusto, cobertura herbácea) (<50 %)	0.55	2.25	1.232%	0.007
Mosaico vegetación natural (árbol, arbusto, cobertura herbácea) (>50 %) / Tierras de cultivo (>50 %)	0.24	4.41	2.414%	0.006
Cubierta de árbol, hoja ancha, árbol de hoja perenne, (>15%)	0.35	174.87	95.714%	0.335
Cubierta de árbol, hoja ancha, árbol de hoja estacionaria, (>15%)	0.4	0.45	0.246%	0.001
Cubierta de árbol, hoja ancha, árbol de hoja estacionaria abierta (15-40%)	0.45	0.18	0.099%	0.000
TOTAL		182.7	100%	0.3502

Coefficiente de escorrentía ponderado para los distintos tipos de uso de suelos

Tipo de uso de suelo	"C"	área	Porcentaje área	"C" Ponderado
Matorrales	0.36	1.44	20%	0.071
Pradera	0.34	0.45	6%	0.021
Áreas Urbanas	0.8	0.63	9%	0.069
Vegetación escasa (árbol, arbusto, cobertura herbácea) (<15%)	0.43	0	0%	0.000
Tierras de cultivo, de secano	0.6	1.8	25%	0.148
árbol de mosaico y arbusto (>50%) /Cobertura herbácea (<50%)	0.3	2.16	30%	0.089
Mosaico cubierto herbácea (>50%) /árbol y arbusto (<50%)	0.36	0.81	11%	0.040
TOTAL		7.29	100%	0.438

Fuente: Elaboración propia.

Sobre la tabla N° 29, se tiene un coeficiente de escorrentía en el año 2014 para cobertura vegetal de 0.3502 y para el uso de suelo un coeficiente de escorrentía de 0.438 evidenciando una diferencia de 0.0878 para ambas clasificaciones dentro de la cuenca.



Tabla 30: Estimación del coeficiente de escorrentía de la cuenca del Chuyapi del año 2015

ESTIMACION DEL COEFICIENTE DE ESCORRENTIA DE LA CUENCA CHUYAPI EN EL AÑO 2015				
Coeficiente de escorrentía ponderado para los distintos tipos de cobertura vegetal				
Tipo de cobertura	"C"	Área	Porcentaje área	"C" Ponderado
Cubierta herbácea	0.4	0.54	0.296%	0.001
Mosaico de tierras de cultivo (>50 %) / Vegetación natural (Árbol, arbusto, cobertura herbácea) (<50 %)	0.55	2.25	1.232%	0.007
Mosaico vegetación natural (Árbol, arbusto, cobertura herbácea) (>50 %) / Tierras de cultivo (>50 %)	0.24	4.41	2.414%	0.006
Cubierta de árbol, hoja ancha, árbol de hoja perenne, (>15%)	0.35	174.87	95.714%	0.335
Cubierta de árbol, hoja ancha, árbol de hoja estacionaria, (>15%)	0.4	0.45	0.246%	0.001
Cubierta de árbol, hoja ancha, árbol de hoja estacionaria abierta (15-40%)	0.45	0.18	0.099%	0.000
TOTAL		182.7	100%	0.3502
Coeficiente de escorrentía ponderado para los distintos tipos de uso de suelos				
Tipo de uso de suelo	"C"	área	Porcentaje área	"C" Ponderado
Matorrales	0.36	1.44	20%	0.071
Pradera	0.34	0.45	6%	0.021
Áreas Urbanas	0.8	0.63	9%	0.069
Vegetación escasa (Árbol, arbusto, cobertura herbácea) (<15%)	0.43	0	0%	0.000
Tierras de cultivo, de secano	0.6	1.8	25%	0.148
Árbol de mosaico y arbusto (>50%) /Cobertura herbácea (<50%)	0.3	2.16	30%	0.089
Mosaico cubierto herbácea (>50%) /Árbol y arbusto (<50%)	0.36	0.81	11%	0.040
TOTAL		7.29	100%	0.438

Fuente: Elaboración propia.



Sobre la tabla N° 30, se tiene un coeficiente de escorrentía en el año 2015 para cobertura vegetal de 0.3502 y para el uso de suelo un coeficiente de escorrentía de 0.438 evidenciando una diferencia de 0.0878 para ambas clasificaciones dentro de la cuenca.



Capítulo IV: Resultados

4.1. Caracterización biofísica

Los resultados obtenidos sobre caracterización biofísica se resumen en la siguiente tabla.

Tabla 31: Índices biofísicos de la cuenca de Chuyapi

VARIABLE	PARÁMETRO	SÍMBOLO	EXPRESIÓN	UNIDADES	MAGNITUD	INTERPRETACIÓN
ESCALA DE LA CUENCA	Área	A	Se mide sobre el plano o mapa (aplicación SIG)	km^2	186.83009	La cuenca
	Área del rectángulo equivalente de la cuenca	A_r	$A_r = L a_{máx}$	km^2	383.21152	debido a estas características presenta
	Perímetro	P	Se mide sobre el plano o mapa (aplicación SIG)	km	65.140447	un tamaño
	Longitud	L	Se mide sobre el plano o mapa (aplicación SIG) La longitud de la cuenca (L ó L_c), es la distancia entre la salida y el punto más alejado, cercano a la cabecera del cauce principal, medida en línea recta	km	22.315087	pequeño de grandes pendientes, blanda perfecta para descargas rápidas
	Ancho promedio	a	$a = \frac{A}{L}$ ó $a_{prom} = \frac{A_r}{L_r}$	km	8.3723666	
	Ancho máximo	$a_{máx}$	Se mide sobre el plano o mapa (aplicación SIG), pasa próximo al centro de gravedad.	km	17.172754	
	Díámetro	D	$D = \sqrt{\frac{4A}{\pi}}$	km	15.423341	
						36



Perímetro de un círculo igual al Área de la cuenca	P_C	$P_C = 2\sqrt{\frac{A_c}{\pi}}$		48.453855	91
Altitud mínima	h	Se mide sobre el plano o mapa (aplicación SIG)		1050	La cuenda
Altitud máxima	H	Se mide sobre el plano o mapa (aplicación SIG)		4199.82	debido a estas
Altitud media	$\frac{H+H}{2}$	Estimada con el software para GIS		1574.91	características
Relieve máximo		$R_m = H - h$		3149.82	presenta un
Radio de relieve	R	$R = \frac{R_m}{Z}$	msnm/ Km	141.15203	tamaño pequeño
Relieve relativo	R_r	$R_r = \frac{R_m}{P}$	-	48.354289	de grandes
Pendiente media	$\frac{H+H}{2}$	Estimada con el software para GIS	m/m	60.716131	pendientes, blonda
Altitud de la naciente de la corriente principal	H_{nac}	Se mide sobre el plano o mapa (aplicación SIG)		3572.3291	perfecta para
Altitud del desagüe de la corriente principal	h_{des}	Se mide sobre el plano o mapa (aplicación SIG)		1050	descargas rápidas
Pendiente media del perfil longitudinal de la corriente principal desde la naciente hasta la	p_{cp_m}	Estimada gráficamente con software Excel	m/m	1.1303245	64



FORMA DE LA CUENCA	desemboca dura					
	Relieve máximo de la corriente principal	$Rmcp$	$Rmcp = H_{nac} - h_{des}$	msnm	2522.3291	Indica la inclinación hacia el lado izquierdo de la cuenca la cual presenta mayor
	Factor topográfico	Ft	$Ft = \frac{H_{max} - H_{min}}{L} \cdot \sqrt{\frac{A}{A_0}}$	-	2681.6576	48
	Integral Hipsométrica	I_H	$I_H = \frac{A_{max} - A_0}{A_0 - A_1}$	-	0.1671251	45
	Coefficiente de masividad	C_m	$C_m = \frac{A_{max}}{A_0}$	msnm/ m2	8.4296378	5
	Coefficiente orográfico	Co	$Co = A_m C_m$	-	13275.920	96
	Numero de rugosidad	NR	$NR = \frac{A_{max}}{A_0} \cdot C_m$	-	230.44236	55
	Tipo de cuenca según la clase de vertientes	-	Interpretación de curvas de nivel en el plano o mapa. Características preestablecidas	-	Tipo corredor	La cuenca tiene una baja elongación en la cual nos indica que es oblonga rectangular de tipo corredor
	Elongación	E	$E = \frac{L_{max}}{L}$	-	0.6125264	21
	Perímetro relativo de crenulación	Prc	$Prc = \frac{P}{L}$	-	22.711961	29
	Coefficiente de compacidad (Kc) o índice de Gravelius (Ic)	Kc	$Kc = \frac{P^2}{A}$	-	1.3343979	13
	Índice de alargamiento	Ia	$Ia = \frac{L_{max}}{L}$	-	1.2994471	19



EXTENSIÓN DE LA RED DE DRENAJE	Índice de homogeneidad	I_h	$I_h = \frac{A}{L^2}$	-	0.4875377	El índice de formas
	Factor de Forma	Ff	$Ff = \frac{A}{L^2}$ ó $Ff = \frac{A}{L^2}$	-	0.5495669	indica la gran
	Alargamiento de Caquot	Ac	$Ac = \frac{L}{A^{0.5}}$	-	1.3489308	capacidad de
	Radio de elongación ó Relación de elongación	Re	$Re = \frac{L}{D}$ ó $R_v = 1.1284 * \frac{\sqrt{A}}{L_c}$	-	0.8364988	ión y descarga
	Radio de circularidad	R_c	$R_c = \frac{A}{P^2}$ ó $R_c = \frac{A^{0.5}}{P}$	-	0.5532930	también el
	Índice de forma	If	$If = \frac{P}{A^{0.5}}$	-	1.3443810	coeficiente de
	Índice entre al largo y el Área de la cuenca	$I_{L/A}$	$I_{L/A} = \frac{L^2}{A}$	-	0.0986356	redondez
	Coficiente de forma	Cf	$Cf = \frac{a_m}{L}$ a_m = ancho medio de la cuenca	-	0.4540828	
	Coficiente de forma	C_{f2}	$C_{f2} = \frac{A_m}{L^2}$ A_m = Área media de la cuenca L_m = Longitud media de la cuenca (distancia entre la selección más alejada de la cuenca)	-	0.4540828	
	Coficiente de redondez	C_r	$C_r = \frac{P^3}{A^2}$	-	1.4291218	
Longitud de la corriente principal	L_{cp}	Se mide sobre el plano o mapa (aplicación SIG)	L_{cp}	22.315087		
Longitud total de las corrientes	L_{tc}	$L_{tc} = \sum L_c$ L_c = longitud de cada una de las corrientes de drenaje. Se miden sobre el plano o mapa con un curvímeter o SIG	L_{tc}	181.57066	La densidad de drenaje	



de la red de drenaje					es inferior a 1 esto origina el desfogue del flujo de la cuenca y las extensiones de drenaje son inferiores a las del Área de terreno lo cual nos indica un tiempo de concentración rápido
Sinuosidad total de la corriente principal	S	$S = \frac{L_{cp}}{L_{min}}$	-	1.2102789 51	
Densidad de drenaje	Dd	$Dd = \frac{L_{tc}}{A}$ ó $\frac{L_{tc}}{A}$	km ² /km	0.971849	
Densidad hidrográfica	Dh	Es: cociente entre la longitud total (Lt) de los cauces pertenecientes a su red de drenaje y la superficie de la cuenca (A): $Dh = \frac{L_{tc}}{A}$		0.492426	
a		Se define como el cociente entre el número de segmentos de canal de la cuenca y la superficie de la misma Donde Nt, es la suma de todos los segmentos de canal que forman la red hidrográfica de la cuenca, entendiendo como tales a todo tramo de canal que no sufre aporte alguno de otro canal			
Patrón o tipo de drenaje	-	Interpretación del arreglo y orientación de corrientes que conforman la red de drenaje el plano o mapa	-	Centripeta a Subparalel o Media	
Textura de drenaje	-	Valores estándares pre establecidos	-	Media	
Coficiente de manteni	Cmc	$Cmc = \frac{A}{L_{tc}}$	km ² /km	1.0289662 87	

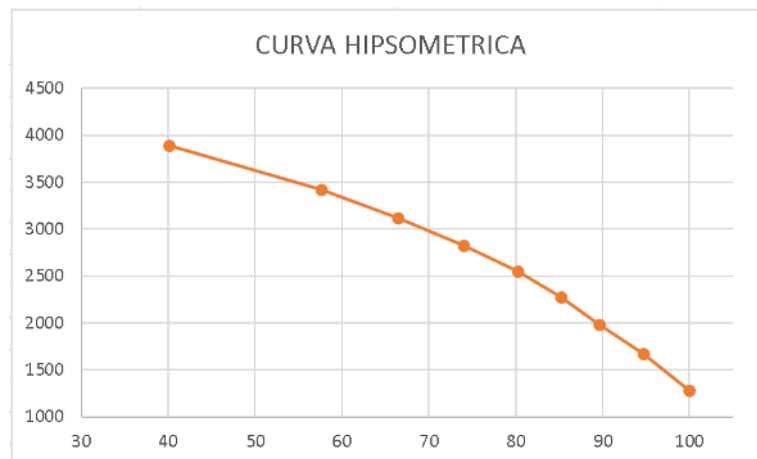


ento del canal				
Extensión media de la de la escorrentía superficial	E_m	$E_m = \frac{A}{4L_{tc}}$	0.2572415	71
Sinuosidad total de la corriente principal	S	$S = \frac{L_{cp}}{L_{min}}$	1.2102789	51

- . Fuente: Elaboración propia.

Para la caracterización biofísica se obtuvo la CURVA HIPSOMÉTRICA.

Figura 104: Curva Hipsométrica



Nos indica que la cuenca es joven y está en descarga rápida donde pueden presentar de deslizamientos y menores tiempos de descarga como también óptima para hidroeléctricas

Resultados de la cuenca del Chuyapi con respecto al CUM

Tabla 32: Clasificación de CUM

CODIGO	CLASIFICACION	SIMBOLO	PENDIENTE	AREA (Has)	AREA (Km2)	PORCENTAJE
1	Cultivos en limpio	A	0-4	23.91	0.24	1.04
2	Cultivos permanentes	C	4-15	473.13	4.73	12.29
3	Pastos	P	15-25	827.59	8.28	31.70
4	Producción forestal	F	25-50	5,775.22	57.75	51.29



5	Zonas de protección	X	mayor a 50	11,560.54	115.61	3.67
	TOTAL			18,660.39	186.60	100.00

Se observa un gran porcentaje con respecto a la capacidad de uso máxima para producción forestal la cual varía entre 25% y 50



4.2. Análisis multitemporal de la cuenca

Sobre los resultados Podemos observar como las coberturas influyen una en otra y como es la dependencia de las coberturas. Es importante señalar el símbolo de interrogación esto se debe a que la Cubierta de árbol, hoja ancha, árbol de hoja estacionaria (>15%) no cambio a lo largo de todos estos años

Tabla 33: Datos estadísticos consolidado según tipo de clasificación por años

Año	Tierras de cultivo, de secano	Cubierta herbácea	Mosaico de tierras de cultivo (> 50%) / vegetación natural (árbol, arbusto, cobertura a herbácea (<50%))	Mosaico vegetación natural (árbol, arbusto, cubierta herbácea (> 50%) / tierras de cultivo (<50%))	Cubierta de árbol, hoja ancha, árbol de hoja perenne, (> 15%)	Cubierta de árbol, hoja ancha, árbol de hoja estacionaria, (> 15%)	Cubierta de árbol, hoja ancha, árbol de hoja estacionaria, abierta (15-40%)	Árbol de mosaico y arbusto (> 50%) / cobertura herbácea (<50%)	Mosaico cubierto herbácea (> 50%) / árbol y arbusto (<50%)	Matorrales	Praderas	Vegetación escasa (árbol, arbusto, cobertura herbácea) (<15%)	Áreas urbanas
1992	1.89	0.45	4.14	3.96	175.41	0.45	0.45	1.98	0	0.27	0.81	0.18	0
1993	1.89	0.45	4.14	3.96	175.41	0.45	0.45	1.98	0	0.27	0.81	0.18	0
1994	1.89	0.45	4.14	3.96	175.41	0.45	0.45	1.98	0	0.27	0.81	0.18	0
1995	1.89	0.45	4.14	3.96	175.41	0.45	0.45	1.98	0	0.27	0.81	0.18	0
1996	1.89	0.45	4.14	3.96	175.41	0.45	0.45	1.98	0	0.27	0.81	0.18	0



1997	1.89	0.45	4.14	3.96	175.41	0.45	0.45	1.98	0	0.27	0.81	0.18	0
1998	1.89	0.54	4.5	4.41	173.16	0.45	0.18	2.16	0.27	1.44	0.81	0.18	0
1999	1.89	0.54	4.95	4.41	172.53	0.45	0.18	2.16	0.45	1.44	0.72	0.18	0.09
2000	1.89	0.54	4.95	4.41	172.53	0.45	0.18	2.16	0.45	1.44	0.72	0.18	0.09
2001	1.89	0.54	4.14	4.41	173.34	0.45	0.18	2.16	0.45	1.44	0.72	0.18	0.09
2002	1.89	0.54	3.06	4.41	174.42	0.45	0.18	2.16	0.45	1.44	0.72	0.18	0.09
2003	1.89	0.54	2.25	4.41	175.23	0.45	0.18	2.16	0.45	1.44	0.72	0.18	0.09
2004	1.89	0.54	2.25	4.41	174.96	0.45	0.18	2.16	0.72	1.44	0.72	0.18	0.09
2005	1.89	0.54	2.25	4.41	174.96	0.45	0.18	2.16	0.72	1.44	0.72	0.18	0.09
2006	1.89	0.54	2.25	4.41	174.96	0.45	0.18	2.16	0.72	1.44	0.72	0.18	0.09
2007	1.89	0.54	2.25	4.41	174.87	0.45	0.18	2.16	0.81	1.44	0.72	0.18	0.09
2008	1.8	0.54	2.25	4.41	174.87	0.45	0.18	2.16	0.81	1.44	0.63	0.18	0.27
2009	1.8	0.54	2.25	4.41	174.87	0.45	0.18	2.16	0.81	1.44	0.63	0.18	0.27
2010	1.8	0.54	2.25	4.41	174.87	0.45	0.18	2.16	0.81	1.44	0.54	0	0.54
2011	1.8	0.54	2.25	4.41	174.87	0.45	0.18	2.16	0.81	1.44	0.45	0	0.63
2012	1.8	0.54	2.25	4.41	174.87	0.45	0.18	2.16	0.81	1.44	0.45	0	0.63
2013	1.8	0.54	2.25	4.41	174.87	0.45	0.18	2.16	0.81	1.44	0.45	0	0.63
2014	1.8	0.54	2.25	4.41	174.87	0.45	0.18	2.16	0.81	1.44	0.45	0	0.63
2015	1.8	0.54	2.25	4.41	174.87	0.45	0.18	2.16	0.81	1.44	0.45	0	0.63

Fuente: ESA Land Cover. Elaboración propia



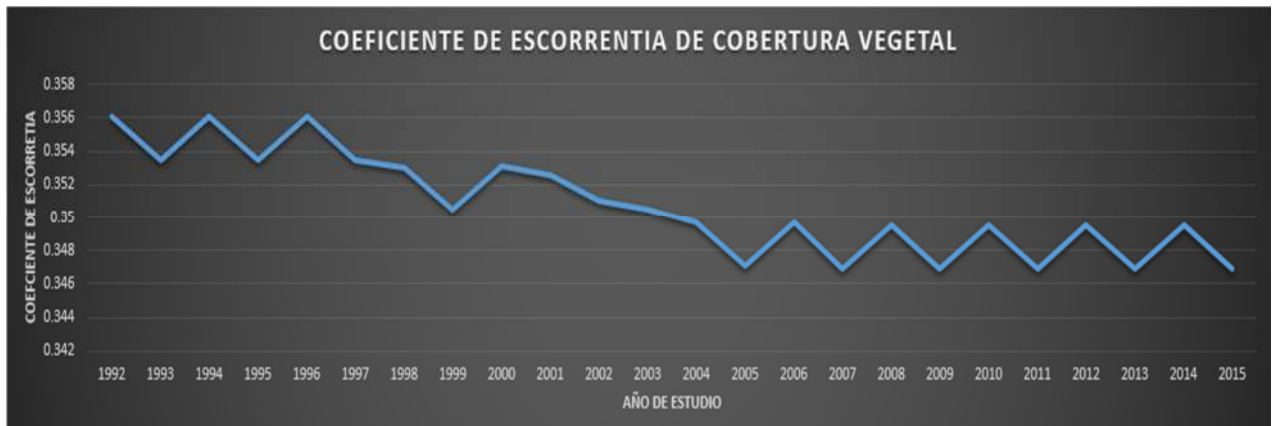
Tabla 34: Coeficientes de escorrentía de la cuenca por años obtenidos a partir del análisis multitemporal

Año	COEFICIENTE DE ESCORRENTIA DE COBERTURA VEGETAL	USO DE SUELOS	COEFICIENTE "C" PROMEDIO DE LA CUENCA
1992	0.356076696	0.314285714	0.335181205
1993	0.353469985	0.314285714	0.33387785
1994	0.356076696	0.314285714	0.335181205
1995	0.353469985	0.314285714	0.33387785
1996	0.356076696	0.323520924	0.33979881
1997	0.353469985	0.323520924	0.338495454
1998	0.352979351	0.406118326	0.379548839
1999	0.350541728	0.412207792	0.38137476
2000	0.353126844	0.412207792	0.382667318
2001	0.352591508	0.412207792	0.38239965
2002	0.351061947	0.412207792	0.38163487
2003	0.350541728	0.412207792	0.38137476
2004	0.349660767	0.426233766	0.387947267
2005	0.347101025	0.410649351	0.378875188
2006	0.349660767	0.426233766	0.387947267
2007	0.34693021	0.430909091	0.38891965
2008	0.349488692	0.439480519	0.394484606
2009	0.34693021	0.439480519	0.393205365
2010	0.349488692	0.455064935	0.402276814
2011	0.34693021	0.461038961	0.403984585
2012	0.349488692	0.461038961	0.405263827
2013	0.34693021	0.461038961	0.403984585
2014	0.349488692	0.461038961	0.405263827
2015	0.34693021	0.461038961	0.403984585
MIN	0.34693021	0.314285714	0.33387785
MAX	0.356076696	0.461038961	0.405263827

Fuente: Elaboración propia



Figura 105: Coeficiente de escorrentía de acuerdo a la cobertura vegetal de la cuenca Chuyapi del año 1992 al año 2015



Fuente: Elaboración propia.

En el gráfico N° 104, se observa que el coeficiente de cobertura vegetal ha mantenido una línea de tendencia descendente entre los años 1997 al año 2004 y de este al 2004 se ha mantenido constante.

Figura 106: Coeficiente de escorrentía de acuerdo al uso del suelo de la cuenca Chuyapi del año 1992 al año 2015

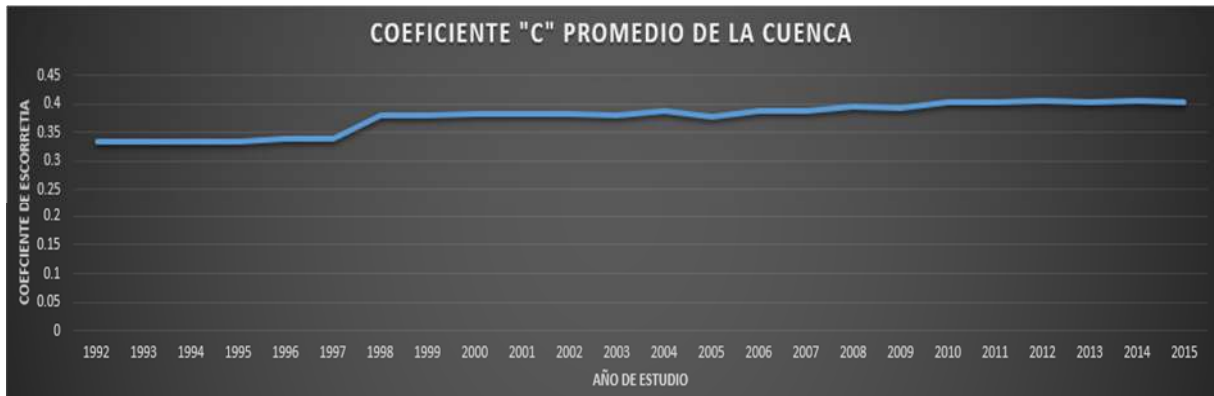


Fuente: Elaboración propia.

En el gráfico N° 105, se observa que el coeficiente de uso de suelo ha mantenido una línea de tendencia ascendente entre los años 1997 al año 2015.



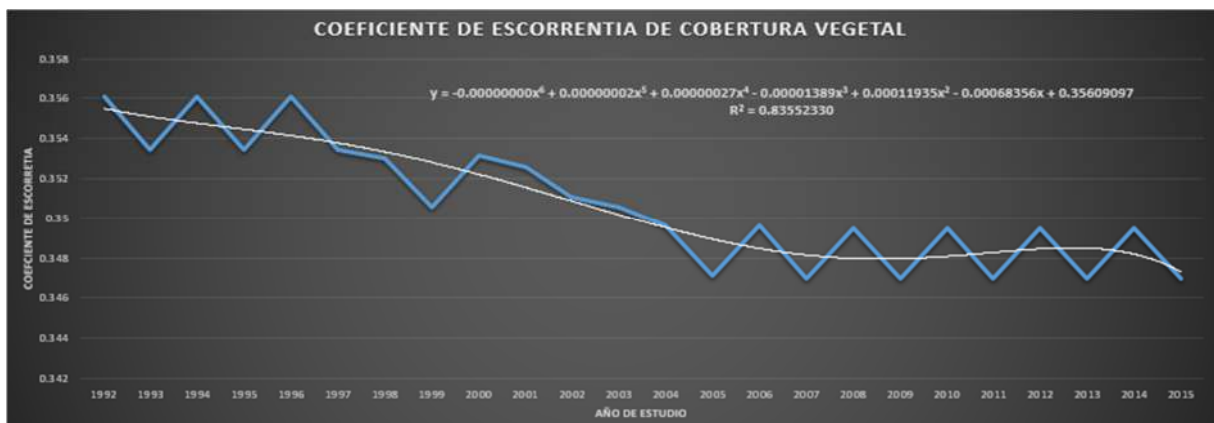
Figura 107: Coeficiente de escorrentía promedio de la cuenca entre los años 1992 al 2015



Fuente: Elaboración propia.

En el gráfico N° 106, se observa que el coeficiente promedio de la cuenca ha mantenido una línea de tendencia ascendente entre los años 1997 al año 2015.

Figura 108: Regresión exponencial del coeficiente de escorrentía de acuerdo a la cobertura vegetal de la cuenca Chuyapi del año 1992 al año 2015

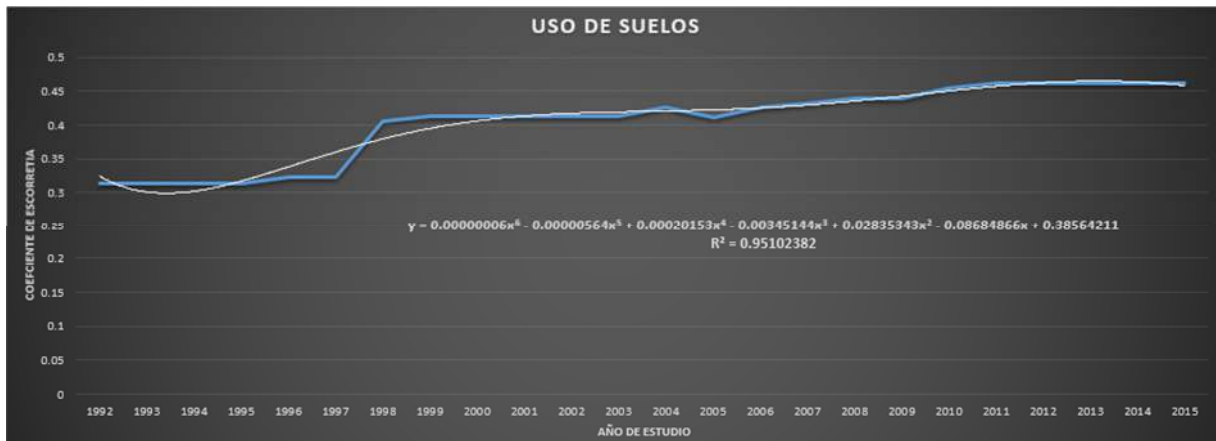


Fuente: Elaboración propia.

En el gráfico N° 107, se observa que el coeficiente promedio de cobertura vegetal ha mantenido una línea de tendencia descendente entre los años 1992 al año 2015 y obteniendo así una línea de tendencia de 7 monomios con $R^2=0.855$.



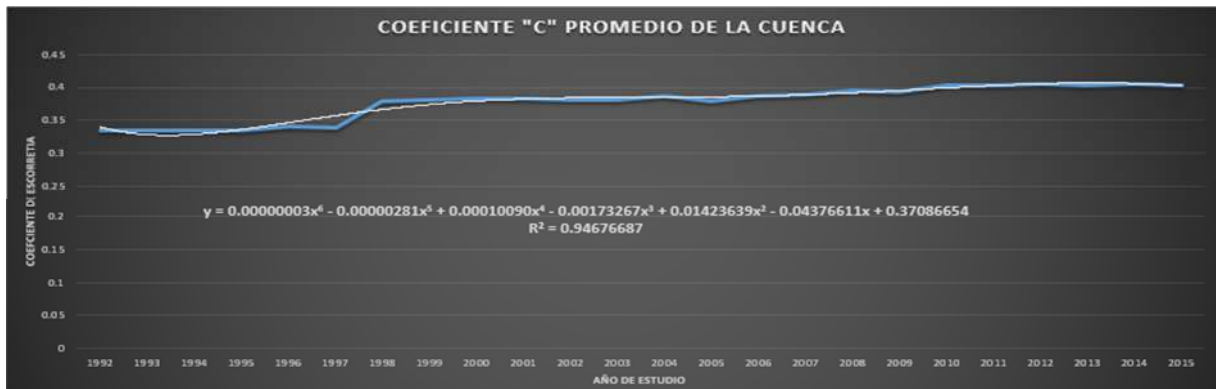
Figura 109: Regresión exponencial del coeficiente de escorrentía de acuerdo al uso del suelo de la cuenca Chuyapi del año 1992 al año 2015



Fuente: Elaboración propia.

En el gráfico N° 108, se observa que el coeficiente de uso de suelo ha mantenido una línea de tendencia ascendente entre los años 1992 al año 2015 y obteniendo así una línea de tendencia de 7 monomios con $R^2=0.951$.

Figura 110: Regresión exponencial del coeficiente de escorrentía promedio de la cuenca Chuyapi del año 1992 al año 2015



Fuente: Elaboración propia.

En el gráfico N° 109, se observa que el coeficiente promedio de la cuenca ha mantenido una línea de tendencia ascendente entre los años 1992 al año 2015 y obteniendo así una línea de tendencia de 7 monomios con $R^2=0.946$.

Para el análisis multitemporal se puede observar que la relación entre variables existe; cuando una variable aumenta o disminuye en su magnitud afecta a otra variable de



estudio, como también se determina la magnitud de relación desde un valor de -1 a 1, obtenido por el método de la correlación de Pearson.

Figura 111: Cuadro variable interdependiente de unidad de cobertura

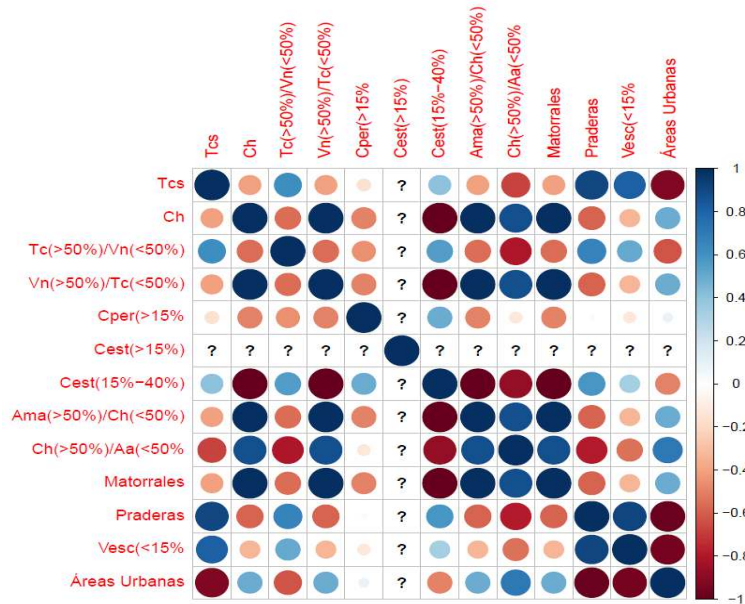


Tabla 35: Tabla Atributos de las unidades de Coberturas en la cuenca

NOMBRE	ABREVIATURA
Tierras de cultivo, de secano	Tcs
Cubierta herbácea	Ch
Mosaico de tierras de cultivo (> 50%) / vegetación natural (árbol, arbusto, cobertura herbácea) (<50%)	Tc(>50%)Vn(<50%)
Mosaico vegetación natural (árbol, arbusto, cubierta herbácea) (> 50%) / tierras de cultivo (<50%)	Vn(>50%)Tc(<50%)
Cubierta de árbol, hoja ancha, árbol de hoja perenne, (> 15%)	Cper(>15%)
Cubierta de árbol, hoja ancha, árbol de hoja estacionaria, (> 15%)	Cest(>15%)
Cubierta de árbol, hoja ancha, árbol de hoja estacionaria, abierta (15-40%)	Cest(15%-40%)
Árbol de mosaico y arbusto (> 50%) / cobertura herbácea (<50%)	Ama(>50%)/Ch(<50%)
Mosaico cubierta herbácea (> 50%) / árbol y arbusto (<50%)	Ch(>50%)/Aa(<50%)
Matorrales	Matorrales
Pradera	Praderas
Vegetación escasa (árbol, arbusto, cobertura herbácea) (<15%)	Vesc(<15%)
Áreas urbanas	Áreas Urbanas



Capítulo V: Discusión

Discusión 1

¿Cuáles son los parámetros más importantes para el desarrollo de la caracterización biofísica para realizarlos en el software de Arcgis?

De acuerdo a lo desarrollado en la presente tesis tenemos los siguientes parámetros más importantes según su impacto en el drenaje: coeficiente de escorrentía, área y el tipo de suelo de la cuenca; y según la velocidad de respuesta: orden de corriente, curva hipsométrica, sección transversal o pendiente de la cuenca.

Discusión 2

¿Qué diferencia existe en realizar la caracterización de forma tradicional a la del software Arcgis?

Existe una mejor respuesta en cuanto al tiempo porque esta permite acelerar los procesos de obtención los resultados de las variables de acuerdo al diseño de ingeniería como también el diseño de modelos 3D para la mejor visualización de la cuenca permitiendo una mayor comprensión del sistema existente es decir el agua y el suelo lo que origina una reducción significativa en el costo de los proyectos al usar tecnología SIG.

Discusión 3

¿El análisis multitemporal obtenido en el desarrollo de la investigación pueden estar imprecisos debido a la resolución de las imágenes satelitales?

Las imágenes satelitales presentan fallos en los propios sensores, alteraciones por movimiento, interferencia en la atmosfera como nubosidad, pero estas son corregidas en dos procesos el primero radiométrico que consiste en la calibración de los sensores y el segundo que es la clasificación supervisada que consiste en constatar puntos de control de manera aleatoria en el trabajo de campo con los resultados obtenidos en el procesamiento automatizado de las imágenes satelitales.

Discusión 4

¿Qué relevancia tendría el análisis multitemporal de cobertura vegetal y uso de suelo para la cuenca?

El análisis multitemporal demostró cambios de uso de suelo y de la cobertura vegetal en los 24 años origino coeficientes de escorrentía ponderados anuales que permitirán realizar



diseños hidráulicos, como drenaje de aguas fluviales, sistemas de riego, saneamiento básico y determinación de zonas de riesgos.

Incorporación de temas nuevos que se han presentados durante el proceso de la investigación que no estaba considerado dentro de los objetivos de la investigación

Discusión 5

¿Es importante que la correlación multivariable esté presente en el análisis multitemporal de uso de suelo y cobertura vegetal?

Dentro del proceso de investigación surgió la necesidad de aplicar la técnica estadística de correlación multivariable para medir la variación y la interdependencia de las áreas en el análisis multitemporal

Dentro del proceso de investigación surgió la necesidad de aplicar la técnica estadística de correlación multivariable permitiendo medir la variación entre las áreas según la clasificación de uso de suelo como también en la cobertura vegetal y esta a su vez se evidenció en el coeficiente de escorrentía ponderado anual a lo largo de los 24 años del estudio.



Conclusiones

- **Conclusión N°1**

Se logró determinar los parámetros Biofísicos de la cuenca en un 95% identificándose como una cuenca joven con gran descarga de flujo con una curva hipsométrica de pendiente alta la cual demuestra una susceptibilidad de erosión en el suelo aledaño al río y también la capacidad de uso mayor CUM según la pendiente permitió determinar que el área máxima en un 51.29% en la cuenca pertenece a producción forestal y el mínimo de área en un 1.04% es cultivos en limpio.

- **Conclusión N°2**

Se cumplió el objetivo específico 2, ya que se pudo analizar y determinar 6 unidades de cobertura dentro de la cuenca, observando que la unidad de cobertura herbácea tiene una variación de 0.09km^2 que equivale en porcentaje a 20.00% a lo largo de los 24 años con tendencia positiva, la unidad de cobertura Mosaico de tierras de cultivo (> 50%) / vegetación natural (árbol, arbusto, cobertura herbácea) (<50%) tiene una variación de 1.89km^2 que equivale en porcentaje a 45.65% a lo largo de los 24 años con tendencia negativa, la unidad de cobertura Mosaico vegetación natural (árbol, arbusto, cubierta herbácea) (> 50%) / tierras de cultivo (<50%) tiene una variación de 0.45km^2 que equivale en porcentaje a 11.36% a lo largo de los 24 años con tendencia positiva, la unidad de cobertura Cubierta de árbol, hoja ancha, árbol de hoja perenne, (> 15%) tiene una variación de 0.54km^2 que equivale en porcentaje a 0.31% a lo largo de los 24 años con tendencia negativa, la unidad de cobertura Cubierta de árbol, hoja ancha, árbol de hoja estacionaria, abierta (15-40%) no presenta ninguna variación a lo largo de los 24 años, la unidad de cobertura Cubierta de árbol, hoja ancha, árbol de hoja estacionaria, (> 15%) tiene una variación de 0.27km^2 que equivale en porcentaje a 60.00% a lo largo de los 24 años con tendencia negativa. En cuanto a la esorrentía brindada por la unidad de cobertura vegetal la mínima es de 0.3469 es en el 2015 y el máximo es de 0.3560 es en el año 1992.

- **Conclusión N°3**

En relación al objetivo específico 3 se logró determinar en 7 unidades de uso de suelo dentro de la cuenca, obteniendo que la unidad de uso de suelo Tierras de cultivo, de secano tiene una variación de 0.09km^2 que equivale en porcentaje de 4.76% a lo largo



de los 24 años con tendencia negativa, la unidad de uso de suelo Árbol de mosaico y arbusto (> 50%) / cobertura herbácea (<50%) tiene una variación de 0.18km^2 que equivale en porcentaje de 9.10% a lo largo de los 24 años con tendencia positiva, la unidad de uso de suelo Mosaico cubierta herbácea (> 50%) / árbol y arbusto (<50%) tiene una variación de 0.81km^2 que equivale en porcentaje de 81.00% a lo largo de los 24 años con tendencia positivo, la unidad de uso de suelo Matorrales tiene una variación de 1.17km^2 que equivale en porcentaje de 433.33% a lo largo de los 24 años con tendencia positiva, la unidad de uso de suelo Pradera tiene una variación de 0.36km^2 que equivale en porcentaje de 44.44% a lo largo de los 24 años con tendencia negativa, la unidad de uso de suelo Vegetación escasa (árbol, arbusto, cobertura herbácea) (<15%) tiene una variación de 0.18km^2 que equivale en porcentaje de 100.00% a lo largo de los 24 años con tendencia negativa, la unidad de uso de suelo Áreas urbanas tiene una variación de 0.63km^2 que equivale en porcentaje de 63.00% a lo largo de los 24 años con tendencia positiva. . En cuanto a la escorrentía brindada por la unidad de uso de suelo la mínima es de 0.3142 es en el 1992 y el máximo es de 0.4610 es en el año 2015.

Se pudo corroborar la relación existente entre la cobertura de Área urbana con influencia en el crecimiento del Área de cultivo haciéndola una disminución de influencia del 0.6 según el método de Pearson lo cual indica que por cada 10km^2 de crecimiento de Área de cultivo en la cuenca del Chuyapi se pierden 6km^2 de cobertura para el crecimiento de cultivo.

- **Conclusión N°4**

A partir de las anteriores conclusiones se pudo realizar el análisis multitemporal del uso de suelo y cobertura vegetal de la cuenca de Chuyapi entre los años 1992 al 2015.



Recomendaciones

- **Recomendación N°1**

Se recomienda realizar un análisis multitemporal provenientes de otras agencias espaciales para poder comparar las variaciones de los resultados de esta manera reducir los sesgos que puede ser provocados por la variabilidad de sensores o cualquier método de análisis.

- **Recomendación N°2**

Se recomienda el uso de imágenes satelitales con la máxima calidad de pixeles como es el caso del satélite PeruSat1 para la elaboración del ráster y esta a su vez generar un modelo 3D más detallado en el programa ArcGis esto permitirá incrementar la precisión de los trabajos geoespaciales.

- **Recomendación N°3**

Se recomienda evaluar la aleatoriedad de los puntos de control mediante pruebas estadísticas como GAP (distancias) para la clasificación supervisada, y a partir de estas, evaluar la presencia de las vías, caminos o senderos para recolectar esta información.

- **Recomendación N°4**

Se recomienda, por los resultados obtenidos, el uso de herramientas SIG y la aplicación de la metodología usada en el presente estudio para otras investigaciones relacionadas al manejo de cuencas, gestión de riegos, ordenamiento territorial.

- **Recomendación N°5**

A las autoridades competentes recomendar el uso de este tipo de información técnica que sirve para el planteamiento de planes, proyectos y programas de inversión, así como para la implementación de instrumentos de gestión que sirvan de soporte en el desarrollo de las políticas públicas sostenibles.

- **Recomendación N°6**

Recomendamos la incorporación en la malla curricular de cursos de geomática ya que esta representa una gran herramienta para el desarrollo de análisis de cuencas



hidrográficas todo a partir de la metodología que presenta la ESA con el programa de Land Cover.



Referencias

- Aparicio J., Lafragua J., Gutiérrez A., Mejía R., Aguilar E. (2006). Evaluación de Recursos Hídricos. Montevideo - Uruguay: UNESCO. pp. 9-10.
- ALA Ayacucho. (2010). Evaluación de Recursos Hídricos Superficiales en la Cuenca del río Pampas. Ayacucho - Perú: MINAGI. pp. 40 - 46; 53 – 59.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2013). Guía Técnica para la Formulación de los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas. Colombia: MinAmbiente. P. 10.
- MinAmbiente. (2014). Guía Técnica para la Formulación de los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrológicas. Colombia: MinAmbiente. p. 12.
- Cotler H. (2004). El manejo Integral de Cuencas en México: Estudios y Reflexiones para Orientar la Política Ambiental. México, D.F.: Instituto Nacional de Ecología. pp. 41 – 48.
- Word Vision. (2011). Manual de Manejo de Cuencas. Perú: Word Vision - Canadá. pp. 7 – 16; 86 – 97.
- CCAD - GTZ. (2010). Metodología para el mapeo de los tipos de Bosque y Análisis Multitemporal de sus Cambios. Comayagua, Honduras.: INGTELSIG. pp. 16 – 58.
- SENAMHI - Dirección de Hidrología. (2012). Oferta Hídrica Actual y Futura de la Microcuenca Huacrahuacho - Cusco. Cusco - Perú: SENAMHI. pp. 10 – 28.
- Cruz B., Gaspari, F., Rodríguez A., Carrillo F., Tellez J. (2015). Análisis Morfométrico de la Cuenca Hidrográfica del río Cuate, México. Investigación y Ciencia, 64, 26 - 34.
- Julien Y., Sobrino A., Morales L. (2007). Análisis Multitemporal de Imágenes PAL para el Estudio de la vegetación en Sudamérica. En Revista de Teledetección (10). Santiago, Chile: Universidad de Chile. pp. 1 – 10.
- TREESAT LAB. (2017). Análisis Multitemporal de Cambios en la Vegetación Usando Series Temporales de Imágenes. 28 de agosto 2017, de TREESAT LAB Sitio web: http://www.uco.es/treesatlab/index.php?option=com_content&view=article&id=360&Itemid=190&lang=es
- Franco R. (2017). Composiciones Landsat en ArcGIS – Guía Básica. En Revista de Teledetección (10). Bogotá - Colombia. Sitio web: <http://wp.me/p2lwQU-1bh>.



- Rosales A. (2013). Manual para la Interpretación de Imágenes de Sensores Remotos de las Coberturas y Usos de la Tierra de Costa Rica – San José - Costa Rica: MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA. pp. 1 - 62.
- Gaspari, F. J. (2012). Caracterización Morfométrica de la cuenca alta del río Sauce Grande, Buenos Aires, Argentina. Séptimo congreso de medio ambiente AUMG. La Plata Argentina. Pp. 12 – 24.
- KERLINGER, FN. (1975). Investigación del comportamiento: técnicas y metodología. México, D.-F: Nueva editorial Interamericana. Capítulo dos ("Problemas e hipótesis"), pp. 16-28.
- Hernández, A. (2000) Guía de Análisis; Pautas para el análisis de tesis o trabajos de grado. Caracas. Tesis Doctoral. Cap. VI. USR. (Documento en línea) disponible en: http://www.entretemas.com/lineai/ArticulosAnteriores/guia_de_analisis.htm (Consulta: 2010, noviembre).
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Bravo (2004). Interpretación visual de Imágenes de Sensores Remotos y su Aplicación en Levantamientos de Cobertura y uso de la Tierra.
- scanterra. (12 de noviembre de 2015). scanterra.com. Obtenido de http://www.scanterra.com.ar/conozca_mas.html
- Ibañez Asensio, S., Moreno Ramón, H., & Gisbert Blanquer, J. (2008). “Métodos para la determinación del tiempo de concentración (tc) de una cuenca hidrográfica”.
- Vázquez, V. (2000). Manejo de Cuencas Alto Andinas. Lima: Universidad Agraria la Molina.
- Villon, M. (2002) Hidrología (2, ed). Lima Perú: Editorial Villon. Instituto tecnológico de Costa Rica - Escuela de Ingeniería Agrícola.
- Mijares, A. (1989). Fundamentos de Hidrología de Superficie, Editorial Limusa. México: Grupo Noriega editores.
- Beltran, G. (2010). Apuntes Cuencas Hidrográficas SIG. Universidad Técnica del Norte. Ibarra. Ecuador.
- Gaspari, F., Rodríguez, A., Senisterra, G., Denegri, G., Delgado, I., & Besteiro, S. (2012). Caracterización morfométrica de la cuenca alta del rio sauce Grande, Buenos Aires, Argentina”. 7mo Congreso de Medio Ambiente, 1-25.
- Chow VT, Maidment DR & Mays L. 1994. Hidrología Aplicada. Ediciones McGraw-Hill, Colombia: 583 p



- Doffo N & G González Bonorino. 2005. Caracterización morfométrica de la cuenca alta del arroyo Las Lajas, Córdoba: Un análisis estadístico. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 60 (1): 16-22
- Eastman JR. 2006. User Manual Idrisi Andes. Clark University. USA. Disponible en: <http://www.clarklabs.org>.
- Gaspari FJ, Senisterra GE, Delgado MI, Rodríguez Vagaría A & Besteiro S. 2009. Manual de Manejo Integral de Cuencas Hidrográficas. Editorial Autores, 1 ed, La Plata, Argentina: 321p
- Gaspari FJ. 2002. Plan de ordenamiento territorial en cuencas serranas degradadas. Aplicación de sistemas de información geográfica. Huelva. España. Ediciones Cooperativas, Buenos Aires: 179 p
- Henaos JE. 1988. Introducción al manejo de cuencas hidrográficas. Universidad Santo Tomás, Centro de enseñanza desescolarizada, Bogotá, Colombia: 396 p



Glosario

Análisis: Examen detallado de una cosa para conocer sus características o cualidades, o su estado, y extraer conclusiones, que se realiza separando o considerando por separado las partes que la constituyen.

Alargamiento de Caquot: Se define como la relación entre el recorrido más largo entre la periferia y la salida de la cuenca (E) y la raíz cuadrada de la superficie (longitud del lado de un cuadrado de área equivalente).

Ancho medio de la cuenca: Es el dato promedio que se obtiene del cociente entre el área de la cuenca y la longitud máxima de la cuenca sirve para obtener dimensiones promedio.

Ancho máximo de una cuenca: Es la relación entre el área de la cuenca y la longitud mayor del curso del río.

Biofísicos: Se refiere a la ciencia que estudia la biología con los principios y métodos de la física.

Bosque primario: Bosque con vegetación original caracterizado por la predominancia de árboles maduros con especies maderables del dosel superior.

Compacidad: Referente al cociente que existe entre el perímetro de la cuenca respecto al perímetro de un círculo de la misma Área.

Cobertura vegetal: Conjunto de plantas de una o más especies que se desarrollan en el espacio y lugar, presentan cierta afinidad entre ellas, tanto en patrón espacial, estado de sucesión o biomasa, estructura, composición de especies, entre otros.

Conservación: Gestión de la utilización de la biosfera por el ser humano, basados en el principio del desarrollo sostenible manteniendo su potencialidad para satisfacer las necesidades y las aspiraciones de las generaciones futuras.



Deforestación: Eliminación de la cobertura forestal de un bosque natural por causa del ser humano o de la naturaleza.

ESA: Refiere a sustantivo Agencia Espacial Europea.

Ecosistema forestal: Conjunto funcional de recursos forestales y de fauna silvestre y su interacción entre sí y con el ambiente, en un espacio y tiempo determinados.

Factor de elongación: Relacionado a la forma de la cuenca respecto a su perímetro y Área.

FAO: Es la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.

Gestión de cuencas hidrográficas: Es el apoyo entre sociedad y gobierno para la administración y cuidado de las cuencas. Con la finalidad del beneficio de la población y el medio ambiente. Se busca combinar los objetivos sociales y ambientales de tal forma que se conserve la calidad del agua y se empleen los recursos hídricos para el bienestar social.

Land Cover: Refiere a propuesta para el cambio climático.

SIG: Un sistema de información geográfica (SIG) es un marco de trabajo para reunir, gestionar y analizar datos que analiza la ubicación espacial y organiza capas de información para su visualización, utilizando mapas y escenas 3D.

Tratamiento de imágenes satelitales: Referencia al conjunto de técnicas aplicadas a las imágenes digitales con el objetivo de mejorar la calidad, añadir efectos, realizar montajes o facilitar la búsqueda de información.

Unidad de vegetación: Es la unidad mínima de análisis, que se relaciona al proceso de categorización de la vegetación en sus diferentes niveles de evaluación.



Anexos

Matriz de Consistencia del proyecto de Tesis

Formulación del problema	Objetivos	Hipótesis	Variables e indicadores	Metodología	Instrumento
<p>Problema general</p> <p>¿Cuáles son las características biofísicas, los cambios de uso de suelo y cobertura vegetal que ha presentado en la cuenca de Chuyapi entre los años 1992 al 2015?</p>	<p>Objetivo general</p> <p>Realizar la caracterización biofísica y analizar multitemporalmente el uso de suelo y cobertura vegetal de la cuenca de Chuyapi entre los años 1992 al 2015.</p>	<p>Hipótesis General</p> <p>La aplicación de herramientas SIG para la determinación de la caracterización morfométrica y análisis multitemporal de la cuenca de Chuyapi permitirá determinar los índices Morfométricos y los cambios de uso de suelo y cobertura vegetal presentados entre los años 1992 al 2016 dando una correlación de 0.1 a 0.5.en relación de unidad de cobertura ciudad entre uso agropecuario.</p>	<p>Variables Independientes</p> <p>Variable Independiente N °1: Morfométrica.</p> <p>Indicador N°1: Área</p> <p>Indicador N°2: Perímetro</p> <p>Indicador N°3: Curva hipsométrica</p> <p>Indicador N°4: Densidad de Drenaje</p> <p>Variable Independiente N°2: Teledetección Biofísica</p> <p>Indicador N°5: Vegetación</p> <p>Indicador N°6: Elementos hidrográficos</p> <p>Indicador N°7: Suelo</p>	<p>El nivel de investigación es de tipo Descriptivo</p> <p>El tipo de investigación es cuantitativa.</p> <p>El método de investigación es Hipotético-Deductivo</p>	<ul style="list-style-type: none"> Ficha de Campo. Software de ingeniería. <p>MS Excel 2010</p> <p>MS Word 2010</p> <p>ArcGIS 10.2</p> <p>ENVI 5.1</p> <p>R</p> <p>RStudio</p>
<p>Problemas Específicos</p> <p>Problemas Específicos 1:</p> <p>¿Cuáles son los parámetros</p>	<p>Objetivos Específicos</p> <p>Objetivo específico N°1: Determinar los parámetros biofísicos de la cuenca hidrográfica de Chuyapi.</p>	<p>Sub hipótesis</p> <p>SUB HIPÓTESIS N°1: El uso de herramientas SIG permitirá determinar los parámetros morfométricos de la microcuenca de Chuyapi.</p>	<p>Variables Dependientes</p> <p>Variable Dependiente N °1: Análisis Multitemporal del uso del suelo.: Indicador N°8 Cobertura vegetal</p> <p>Indicador N°9: Cobertura suelo</p>		



<p>morfométricos de la microcuenca Chuyapi? Problemas Específicos 2: ¿Cuál son los resultados usando la herramienta SIG para el análisis multitemporal del uso de suelo y cobertura vegetal del 2001 al 2016 en la microcuenca Chuyapi?</p>	<p>Objetivo específico N°2: Determinar la clasificación de cobertura y uso del suelo para cada uno de los periodos establecidos para el análisis multitemporal con herramientas SIG.</p>	<p>SUB HIPÓTESIS N°2: La determinación de los cambios de uso de suelo y cobertura vegetal en la microcuenca de Chuyapi entre los años 2001 al 2016 se logrará aplicando el análisis multitemporal mediante herramientas SIG.</p>			
<p>Problemas Específicos 3: ¿Qué tan confiables son los resultados del análisis multitemporal de uso de suelo y cobertura vegetal?</p>	<p>Objetivo específico N°3: Determinar las tendencias de unidad de cobertura de ciudad.</p>	<p>SUB HIPÓTESIS N°3: La implementación de un sistema de información de almacenamiento y procesamiento nos permitirá efectuar posteriores consultas.</p>			