

**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**



TESIS

**“IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES POR USO DE
SUELO, REALIZANDO UNA SIMULACIÓN MULTITEMPORAL,
PARA ESTABLECER UN PLAN DE MANEJO AMBIENTAL EN LA
MICROCUENCA DEL RÍO CAPLINA-TACNA”**

**PARA OPTAR
TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL**

PRESENTADO POR:

Bach. GERSON MARIO TICONA MENDOZA

TACNA – PERU

2021

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

TESIS

**“IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES POR USO DE SUELO,
REALIZANDO UNA SIMULACIÓN MULTITEMPORAL, PARA ESTABLECER
UN PLAN DE MANEJO AMBIENTAL EN LA MICROCUENCA DEL RÍO
CAPLINA-TACNA”**

Tesis sustentada y aprobada el 15 de enero del 2021; estando el jurado calificador integrado por:

PRESIDENTE: Dr. OSCAR SEGUNDO ANGULO SALAS

SECRETARIO: Mtra. MILAGROS HERRERA REJAS

VOCAL: Dr. WILLIAMS SERGIO ALMANZA QUISPE

ASESOR: Ing. CARMEN ROSA ROMÁN ARCE

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Yo Gerson Mario Ticona Mendoza, en calidad de Bachiller de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada de Tacna, identificada con DNI 72964751.

Declaro bajo juramento que:

1. Soy autor de la tesis titulada: "*Identificación de impactos ambientales por uso de suelo, realizando una simulación multitemporal, para establecer un plan de manejo ambiental en la microcuenca del río Caplina-Tacna*", la misma que presento para optar: Grado de Ingeniero Ambiental
2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas.
3. La tesis presentada no atenta contra derechos de terceros.
4. La tesis no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
5. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falsificados, ni duplicados, ni copiados.

Por lo expuesto, mediante la presente asumo frente a *la universidad* cualquier responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido de la tesis, así como por los derechos sobre la obra y/o invención presentada. En consecuencia, me hago responsable frente a *la universidad* y a terceros, de cualquier daño que pudiera ocasionar, por el incumplimiento de lo declarado o que pudiera encontrar como causa del trabajo presentado, asumiendo todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse de ello en favor de terceros con motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontrasen causa en el contenido de la tesis, libro y/o invento.

De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que el trabajo de investigación haya sido publicado anteriormente; asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad Privada de Tacna.

Tacna, 13 de Enero del 2021



Bach. Gerson Mario Ticona Mendoza

DNI: 72964751

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a mi familia, al esfuerzo y cariño de mis padres que ayudaron a realizar esta tesis, les doy mis sinceras gracias querida familia.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, a mis padres y hermanos, quienes siempre apoyaron en mi preparación profesional.

A mi Asesora Carmen Rosa Román Arce quien se encargó de guiarme para culminar con éxito mi tesis.

ÍNDICE GENERAL

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD.....	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
ABSTRACT	xiii
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.1. Descripción del problema	2
1.2. Formulación del problema	2
1.2.1. Formulación general del problema.....	2
1.2.2. Formulación específica del problema	3
1.3. Justificación e importancia de la investigación	3
1.4. Objetivos	3
1.4.1. Objetivo General.....	3
1.4.2. Objetivos específicos.....	4
1.5. Hipótesis	4
1.6. Identificación y caracterización de variables.....	5
1.6.1. Variables dependientes	5
1.6.2. Variable independiente	5
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	6
2.1. Antecedentes de la investigación	6
2.2. Bases teóricas.....	7
2.2.1. Cambio de uso de suelo	7
2.2.2. Cuenca hidrográfica.....	7
2.2.3. Imágenes Satelitales	7
2.2.4. Impacto Ambiental.....	7
2.2.5. Evaluación de Impacto Ambiental	8

2.2.6. Sistema de Información Geográfica	8
2.2.7. Estudio multitemporal	8
2.2.8. Imágenes Landsat	8
2.2.9. Plan de Manejo Ambiental	9
2.3. Definición de Término	9
2.3.1. Agua	9
2.3.2. Microcuenca	9
2.3.3. Suelo	9
2.4. Marco Legal	10
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO	11
3.1. Tipo y diseño de la investigación.....	11
3.1.1. Acciones y actividades	11
3.2. Materiales y/o instrumentos.....	11
3.3. Población y/o muestra de estudio.....	12
3.4. Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	12
3.4.1. Ubicación de la zona de estudio	12
3.4.2. Parámetros morfométricos.....	13
3.4.3. Cobertura vegetal	24
3.4.3. Matriz de Leopold	27
CAPÍTULO IV: RESULTADOS	29
4.1. Parámetros geomorfológicos	29
4.1.1. Curva hipsométrica	29
4.1.2. Pendiente	31
4.1.3. Red hídrica	33
4.1.4. Pendiente de red hídrica	33
4.2. Cobertura Vegetal.....	34
4.3. Matriz de Leopold	35
4.4. Plan de manejo ambiental.....	35
CAPITULO V: DISCUSIÓN.....	41

CONCLUSIONES	44
RECOMENDACIONES	45
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	46
ANEXOS	49
MATRIZ DE CONSISTENCIA	53

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Imágenes satelitales	25
Tabla 2. Parámetros geomorfológicos.....	30
Tabla 3. Datos ArcMap	31
Tabla 4. Frecuencia de altitudes.....	31
Tabla 5. Datos de ArcMap	33
Tabla 6. Pendiente de la cuenca	33
Tabla 7. Datos ArcMap	34
Tabla 8. Red Hídrica	34
Tabla 9. Datos de ArcGis.....	35
Tabla 10. Pendiente de red hídrica	35
Tabla 11. Datos estadísticos de ArcGis	35
Tabla 12. Datos estadísticos de ENVI.....	36
Tabla 13. Plan de manejo ambiental 1	38
Tabla 14. Datos de ArcGis.....	35
Tabla 10. Pendiente de red hídrica	35
Tabla 11. Datos estadísticos de ArcGis	35
Tabla 12. Datos estadísticos de ENVI.....	36
Tabla 13. Plan de manejo ambiental 1	38
Tabla 14. Plan de manejo ambiental 2.....	39
Tabla 15. Plan de manejo ambiental 3.....	40
Tabla 16. Plan de manejo ambiental 4.....	41

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Microcuenca del rio Caplina	13
Figura 2. Casillero de geocódigo Path/Row	14
Figura 3. Selección de las Imágenes Landsat.....	15
Figura 4. Descarga de las imágenes satelitales.....	16
Figura 5. Creación de polígono en Google Earth.....	16
Figura 6. Portal del software Global Mapper	16
Figura 7. Conexión a la data en línea.....	17
Figura 8. Selección de la data.....	17
Figura 9. Imagen de elevación	18
Figura 10. Intervalo de las curvas de nivel	18
Figura 11. Curvas de nivel	19
Figura 12. Diagrama para procesar imagen TIN.....	20
Figura 13. Imagen TIN	20
Figura 14. Diagrama para la elaboración de imagen DEM	21
Figura 15. Imagen DEM	21
Figura 16. Diagrama para la elaboración de Imagen Fill	22
Figura 17. Imagen Fill.....	22
Figura 18. Diagrama para obtener Red Hídrica de la Microcuenca del Rio Caplina	23
Figura 19. Red hídrica de la microcuenca del rio Caplina.....	24
Figura 20. Creación de la curva hipsométrica	24
Figura 21. Procesamiento de imagen Landsat 5	25
Figura 22. Calculadora raster	26
Figura 23. Crear Reclassify	26
Figura 24. Procedimiento para abrir las bandas 3 y 4.....	27
Figura 25. Procesamiento de las bandas 3 y 4 de las imágenes Landsat 5 y 7en ENVI	27

Figura 26. Combinación de las bandas 3 y 4.....	28
Figura 27. Obtención de datos estadísticos en ArcGIS	28
Figura 28. Curva hipsométrica y frecuencia de altitudes	32
Figura 29. Matriz de Leopold.....	37

RESUMEN

El deterioro de las cuencas hidrográficas se ha convertido en uno de los problemas ambientales más importantes a nivel regional, nacional y mundial, por lo tanto se debe realizar acciones para conservar dichas cuencas. Por tal motivo se realizó un estudio multitemporal del cambio de uso de suelo en la microcuenca del río Caplina, con el fin de elaborar mecanismos de defensa en la fuente hidrográfica. Se descargaron imágenes satelitales de los años de 1996 al 2018 para ser procesadas en el Software ArcGIS 10.3 a través de imágenes Landsat 5 y Landsat 7, y con el software ENVI Clasic se realizó una segunda supervisión de las mismas imágenes satelitales para validar los resultados obtenidos. Se pudo conocer el estado de la microcuenca del río Caplina a través del estudio de caracterización realizado en dicha cuenca; mediante la Matriz de Leopold se identificaron los impactos ambientales que afectan el suelo de la microcuenca. Se planteará las medidas de protección de la microcuenca a través del plan de manejo que se centrará en la conservación de las fuentes hídricas.

Palabras clave: Estudio multitemporal, Cuenca hidrográfica, Imágenes Landsat 5 TM, Imágenes Landsat 7 ETM, NDVI.

ABSTRACT

The degradation of the watersheds has become one of the most important environmental problems at the regional, national and world levels, therefore actions must be taken to conserve these basins. For this reason, a multitemporal study of land use change in the Caplina river watershed's was carried out, in order to develop defense mechanisms in the hydrographic source. A multitemporal study of land use change was carried out in the years 1996 to 2018 using the ArcGIS 10.3 Software to monitor the Landsat 5 and Landsat 7 satellite images, and through the ENVI Clasic software a second monitoring of the same satellite images was carried out to validate the results obtained. It was possible to know the state of the Caplina river watershed's through the characterization study carried out in said basin; Through the Leopold Matrix, the environmental impacts that affect the soil of the micro-basin were identified. The protection measures for the micro-basin will be considered through the management plan that will focus on the conservation of water sources.

Keywords: Multitemporal study, watersheds, Landsat 5 TM images, Landsat 7 ETM Images, NDVI.

INTRODUCCIÓN

En la provincia de Tacna a lo largo de la microcuenca del río Caplina el cambio del uso del suelo provocaron cambios en la superficie en zonas aledañas a la microcuenca originadas por las actividades antrópicas que generan un proceso de cambio constante en los ecosistemas (Mojica, 1975) , incluyendo las cuencas hidrográficas. Uno de los problemas ambientales más relevantes en el escenario mundial, nacional y regional es el deterioro de las unidades hidrográficas (Garrido Pérez et al., 2020), por lo tanto se necesita desarrollar medidas dirigidas a la conservación de dichas unidades. Esta situación motiva a identificar los impactos causados por el uso suelo, realizando una simulación multitemporal en la microcuenca del río Caplina, con el fin de elaborar un plan de manejo ambiental para la protección de la fuente hidrográfica.

Se realizó una simulación multitemporal en la microcuenca del río Caplina en los años de 1996 al 2018 utilizando imágenes satelitales, las cuales nos servirán para tomar acciones como unir las bandas, cortar y corregir las mencionadas imágenes. El estudio implementará métodos GIS y análisis espaciales de imágenes satelitales, utilizando el software ArcGis para procesar las imágenes Landsat 5 y 7 de los años 1996 al 2018 e identificar el cambio de la cobertura vegetal durante el paso del tiempo. También se procesó las mismas imágenes Landsat en ENVI y los resultados obtenidos serán comparados con los resultados de ArcGis. Por último, se elaboró una Matriz de Leopold para identificar los impactos ambientales presentes en la microcuenca. Se establecerá un plan de manejo ambiental que promoverá la conservación y protección de la microcuenca a corto, mediano y largo plazo.

La investigación se basa en la hipótesis de que el cambio del uso de suelo influye negativamente sobre calidad ambiental en la microcuenca del río Caplina-Tacna

Ante el escenario mostrado se origina la interrogante: ¿Cuáles son los impactos causados por el cambio del uso de suelo en la calidad ambiental en la microcuenca del río Caplina-Tacna?

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción del problema

En los últimos años se ha dado un incremento de la tasa poblacional en la ciudad de Tacna, el distrito de Gregorio Albarracín Lanchipa es uno de los más poblados, los márgenes del río de la Cuenca Caplina han sido ocupado por los pobladores de dicho distrito, los cuales han alterado la topografía natural de la zona, realizando actividades como la extracción de materiales para construcción y el depósito de residuos orgánicos e inorgánicos provocando la alteración de los procesos geológicos, la pérdida de la biodiversidad y la cobertura vegetal.

Si sumamos eventos máximos como avenidas e intensas precipitaciones, en zonas donde no existe cobertura vegetal, estamos frente a zonas de riesgo ambiental. La falta de vegetación en la zona de estudio es básicamente por el mal uso de suelo, construcciones inadecuadas, la expansión de la zona urbana (invasiones), la quema de pastizales para la ampliación de zona agrícola, la mala gestión de las autoridades en el tema de medio ambiente, todo esto lleva como consecuencia impactos negativos.

1.2. Formulación del problema

Es por todo lo expuesto en el punto anterior que decidimos formular las siguientes preguntas.

1.2.1. *Formulación general del problema*

¿Tendrá relación los impactos causados por el uso de suelo en la calidad ambiental de la microcuenca del río Caplina?

1.2.2. Formulación específica del problema

- ¿Los parámetros morfométricos de la microcuenca del río Caplina – Tacna, nos servirán para determinar sus propiedades físicas?
- ¿Existe una relación entre el uso de suelo y la cobertura vegetal de la microcuenca del río Caplina - Tacna?
- ¿La matriz de Leopold nos servirá para analizar cuáles son los impactos ambientales en la microcuenca del río Caplina - Tacna?
- ¿Cómo se podrá dar solución o mitigar los impactos ambientales producidos por el cambio de uso de suelo?

1.3. Justificación e importancia de la investigación

La importancia de la investigación radica en el análisis del uso de suelo en la microcuenca del río Caplina, lo cual permitirá establecer un plan de manejo ambiental, sirviendo como precedente para establecer una línea base de cualquier estudio ambiental. El plan de manejo ambiental también permitirá reducir o mitigar efectos que causan el mal uso del suelo.

Se debe indicar que no existen trabajos de investigación sobre este tema en la zona de estudio, entonces también servirá de apoyo para otras investigaciones.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Determinar los impactos causados por el uso de suelo en la calidad ambiental en la microcuenca del río Caplina-Tacna.

1.4.2. Objetivos específicos

- Realizar un análisis de los parámetros morfométricos de la microcuenca, haciendo uso de un sistema de información geográfico
- Determinar el uso de suelo de la microcuenca, utilizando el algoritmo de NDVI
- Aplicar la matriz de Leopold, para evaluar los impactos ambientales que genera el uso de suelo en la microcuenca del río Caplina-Tacna
- Formular un plan de manejo ambiental para dar solución o mitigar los impactos producidos en la microcuenca del río Caplina-Tacna

1.5. Hipótesis

- Existe relación entre los impactos causados por el uso de suelo en la calidad ambiental de la microcuenca del río Caplina
- Los parámetros morfométricos de la microcuenca, servirán para determinar sus propiedades físicas
- Existirá una relación entre el uso de suelo y la cobertura vegetal de la microcuenca del río Caplina
- La Matriz de Leopold, nos servirá para evaluar los impactos ambientales
- Se podrá dar solución o mitigar los impactos ambientales producidos por el cambio de uso de suelo

1.6. Identificación y caracterización de variables

1.6.1. *Variables dependientes*

- Uso del suelo
- Impactos producidos

1.6.2. *Variable independiente*

- Cobertura vegetal
- Tipo de suelos
- Parámetros morfométricos

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

Henríquez y Azócar (2006), en su trabajo denominado “Cambio de uso del suelo y escorrentía superficial: aplicación de un modelo de simulación espacial en Los Ángeles, VIII Región del Biobío, Chile”. Se evaluó y simuló el cambio la variación del coeficiente de escorrentía superficial en los alrededores de la ciudad de Los Ángeles de la región del Bio Bio. Los resultados dan a conocer importantes perspectivas para ser utilizadas en análisis espaciales para la evaluación de un impacto ambiental.

Peña et al. (2011), según su trabajo de investigación “Cambio de uso del suelo en los geosistemas de la cuenca costera del río Boroa (Chile) entre 1994 y 2004”, realizó un análisis de los cambios del uso del suelo en el geosistema de la cuenca hidrográfica del río Boroa entre los años de 1994 y 2004, donde se comprobó una variación en la superficie de plantaciones forestales como el *Eucalyptus* spp., con una tasa de incremento anual que varió entre 3,2 y 28 %, relacionado con la reconversión de uso y ocupación de cordones montañosos metamórficos. Así mismo, se observó la expansión de humedales en terrenos anegadizos de llanuras, reduciendo la superficie destinada al uso agrícola en 61%. Concluyendo que el factor humano es el responsable de la conducción de los cambios de uso del suelo en la cuenca del río Boroa.

Según Pérez (2013), en su investigación de título “Análisis del Cambio de Uso del Suelo en una Región del Altiplano Mexicano. Retos e impactos: 1986 – 2011”. En el Altiplano Mexicano las actividades antrópicas ocasionan cambios en el uso del suelo, por lo que se hizo una identificación y cuantificación de los cambios ocurridos entre los años 1986 y 2011, utilizando imágenes de satélite a través del software ArcGIS 9.3 y ArcGIS 10 en el módulo ArcMap y tabulación cruzada. Los resultados mostraron que se perdió el 29,8 % de bosques y el 26 % de pastizal, si esta pérdida continúa, ocurrirán impactos ambientales que afecten las condiciones de vida de las familias campesinas.

Según Mamani y Servan (2017), en su tesis denominada “Evaluación multitemporal de la deforestación en el distrito de Molinopampa, provincia de Chachapoyas, departamento Amazonas. 2015.” A través del sistema de información geográfica, se evaluó las agentes que intervienen en la deforestación del distrito de

Molinopampa durante el periodo de 1986 al 2015. Mediante los softwares como ERDAS 2014 y Arcgis 10.3 se utilizaron imágenes satelitales Landsat 5 TM y Landsat 8 OLI, dando como resultado una tasa de deforestación de 110,82 ha/año durante el periodo de 1986 a 1992 debido al aumento de la producción ganadera.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Cambio de uso de suelo

Es el proceso donde el hombre altera el uso inicial del suelo hacia otro uso dañino para el ambiente, modificando la concentración de nutrientes, la dinámica del flujo del agua e incrementando la erosión (Galván y Guadarrama, 2018).

2.2.2. Cuenca hidrográfica

La cuenca hidrográfica es un espacio territorial donde discurren corrientes de agua que provienen de acuíferos, precipitaciones, deshielo y otros cuerpos de aguas, que discurren por ríos o superficies (Aguirre, 2011).

2.2.3. Imágenes Satelitales

Representación de la información capturada por un satélite en una imagen, que a través de datos artificiales busca representar la realidad del área a estudiar, donde cada píxel o celda representa un valor (Amézquita y Pérez, 2009).

2.2.4. Impacto Ambiental

Cambio de las características naturales del ambiente que puede ser carácter positivo o negativo (Espinoza, 2001). Puede ser producida por el hombre de forma directa o indirecta, y puede provocar cambio positivo o negativo dependiendo del efecto que provoquen en el entorno (Garmendia et al., 2005).

2.2.5. Evaluación de Impacto Ambiental

Es una herramienta que permite proteger el ambiente a través de una evaluación de impactos positivos o negativos, también busca proponer medidas para que las obras, planes o proyectos se ajusten a niveles aceptables en un periodo de corto a largo plazo. La evaluación de impacto ambiental busca alternativas para alcanzar una solución viable (Ruberto, 2006).

2.2.6. Sistema de Información Geográfica

Técnica o procesamiento de información geográfica que utiliza herramientas informáticas (software y hardware) para obtener información a través de la combinación eficaz de información gráfica como los mapas e información alfanumérica como las estadísticas (Dominguez, 2000).

2.2.7. Estudio multitemporal

El estudio multitemporal permite visualizar los cambios de la zona de estudio entre diferentes fechas, donde se podrá observar la evolución del medio natural o las consecuencias de las actividades humanas sobre el medio (Chuvieco, 1996).

2.2.8. Imágenes Landsat

Imágenes satelitales que permiten observar de forma periódica la superficie de la tierra, lo facilita el monitoreo de las zonas de estudios. Estas imágenes al ser procesadas nos darán resultados que permitirán una adecuada toma de decisiones para diversas actividades de gestión ambiental. Estas imágenes se obtienen a través de los satélites gestionados por el Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS) y la NASA. (Fernández, 2018).

2.2.9. Plan de Manejo Ambiental

Conjunto de actividades que buscan prevenir, corregir, compensar o mitigar los impactos ambientales causados por alguna actividad antrópica, estos planes se llevan a cabo realizando monitoreo, contingencia y seguimientos (de Tunjuelito , 2009).

2.3. Definición de Término

2.3.1. Agua

Recurso renovable y finito que se encuentre en río, lagos, océanos; aire y suelo. Es un material solvente y flexible que cubre más del 97,5 % del planeta, solo el 2.5% es agua dulce. Puede transformarse en estado sólido líquido o gaseoso dependiendo de la temperatura ambiente (Fernández, 2012).

2.3.2. Microcuenca

Es un territorio que se ubica dentro de una cuenca hidrográfica, su principal característica es que escurre agua de lluvia sobre su superficie hacia un cauce común y posee una longitud entre tres mil y cinco mil hectáreas (Sánchez et. al, 2003).

2.3.3. Suelo

Capa formada con minerales mezclados con materiales orgánicos, aire, agua y organismos vivos que se utiliza para la plantación de cultivos, extracción de minerales y otras actividades realizadas por el hombre (Van Konijnenburg, 2006).

2.4. Marco Legal

- Constitución Política del Perú, 1993
- Ley N° 26839 Conservación y Aprovechamiento Sostenible de la Diversidad Biológica
- Ley N°29763 Ley Forestal y de Fauna Silvestre
- Ley N° 28611 Ley General del Ambiente.
- Ley N° 26834 La Ley de Áreas Naturales Protegidas
- Decreto Supremo N° 012-2009-MINAM, aprobó la Política Nacional del Ambiente, en el eje 1 se constituyen lineamientos de conservación y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y de la diversidad biológica.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo y diseño de la investigación

Según el tipo de la investigación esta es de carácter descriptiva, ya que se observa, describe eventos y situaciones sin influir sobre él de ninguna manera. El diseño de la investigación se basa en identificar los impactos ambientales por el uso de suelo en la microcuenca del río Caplina – Tacna.

3.1.1. *Acciones y actividades*

Las acciones y actividades se han dividido en dos fases

3.1.1.1. Fase preliminar

Se recolectará información y descargará imágenes satelitales de la zona de estudio.

3.1.1.2. Fase de procesamiento de información

Se procesarán las imágenes satelitales usando el software ArcGIS y ENVI, en base a los resultados de elaborará un plan de manejo ambiental.

3.2. Materiales y/o instrumentos

Los materiales e instrumentos utilizados son los siguientes:

- Delimitación de la microcuenca utilizando SIG a través del software ArcGis
- Para determinar los usos de suelo se hará un estudio multitemporal usando el software ArcGIS y ENVI
- Para determinar la generación de los impactos ambientales se utilizará la matriz de Leopold

- Para la conservación del área de estudio se realizará una propuesta de manejo ambiental

3.3. Población y/o muestra de estudio

- Población: Cuenca del Río Caplina
- Muestra: Microcuenca del Río Caplina

3.4. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Se realizará un estudio multitemporal de imágenes satelitales de los años 1996 al 2018 donde la metodología para determinar los parámetros morfométricos se utilizó herramientas del ArcMap, del mismo modo, se utilizó dicho software junto con ENVI como metodología para determinar la cobertura vegetal y tipo de suelo.

3.4.1. Ubicación de la zona de estudio

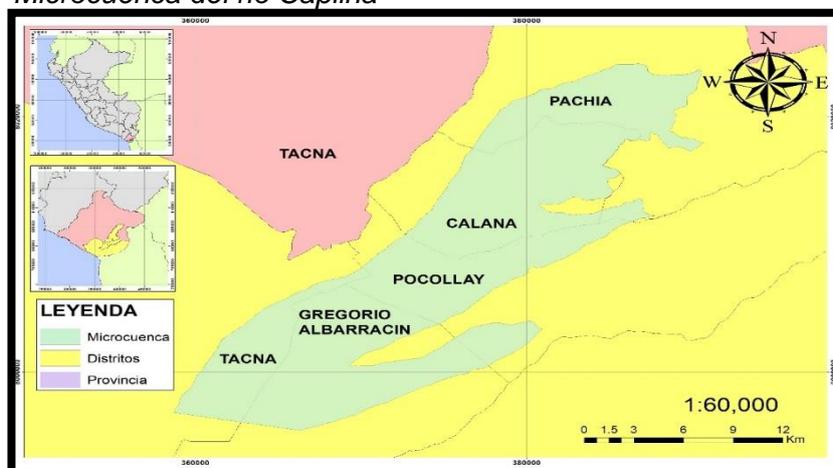
La cuenca del río Caplina se ubica en el sur del Perú, en la provincia y región de Tacna, está comprendido por los distritos de Palca, Pachía, Calana, Pocollay, Ciudad Nueva, Alto de la Alianza, Gregorio Albarracín y Tacna.

La zona de estudio está ubicada dentro de las siguientes coordenadas UTM:

8 060 000 N 328 000 E
7 970 000 N 424 000 E

Figura 1

Microcuenca del río Caplina



Nota. Adaptado con el software ArcGis

El acceso más común es por la carretera Panamericana y la vía costanera Ilo-Tacna. Por la carretera Tacna-Tarata-Challaviento se puede acceso hacia el interior de la cuenca. También existen trochas carrozables que interconectan con los poblados de Palca, Andamarca, Vilavilani Alto Perú y el Ayro, que unen la parte alta de la cuenca con la ciudad de Tacna.

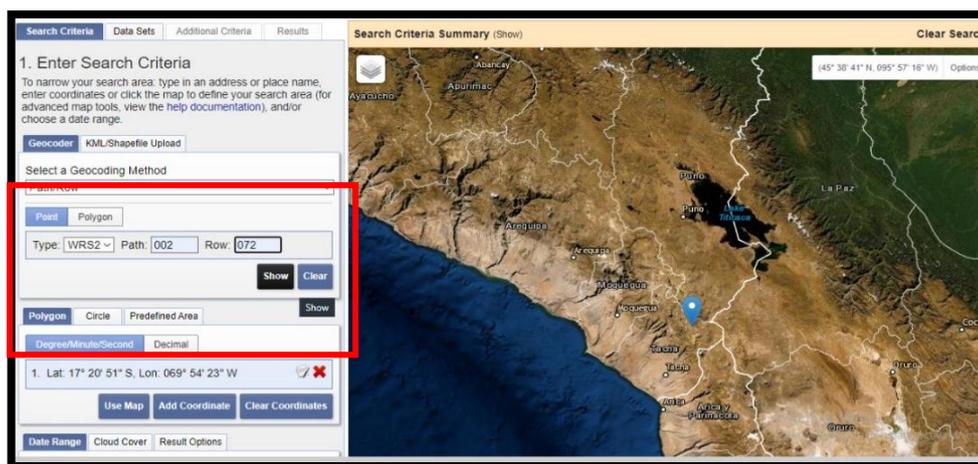
Para comparar los resultados obtenidos se utilizará el método de análisis de la varianza, es una gran herramienta estadística de mucha utilidad para controlar métodos analíticos.

3.4.2. *Parámetros morfométricos*

Para obtener las imágenes satelitales se deberá ingresar a la página web <https://earthexplorer.usgs.gov> como se muestra en la figura 2, y crear una cuenta de usuario. En el casillero Select a Geocoding Method, seleccionar la opción Path/Row, colocar en Path: 002 y en Row: 072, y dar click en “Show” para ubicar el departamento de Tacna.

Figura 1

Casillero de geocódigo Path/Row



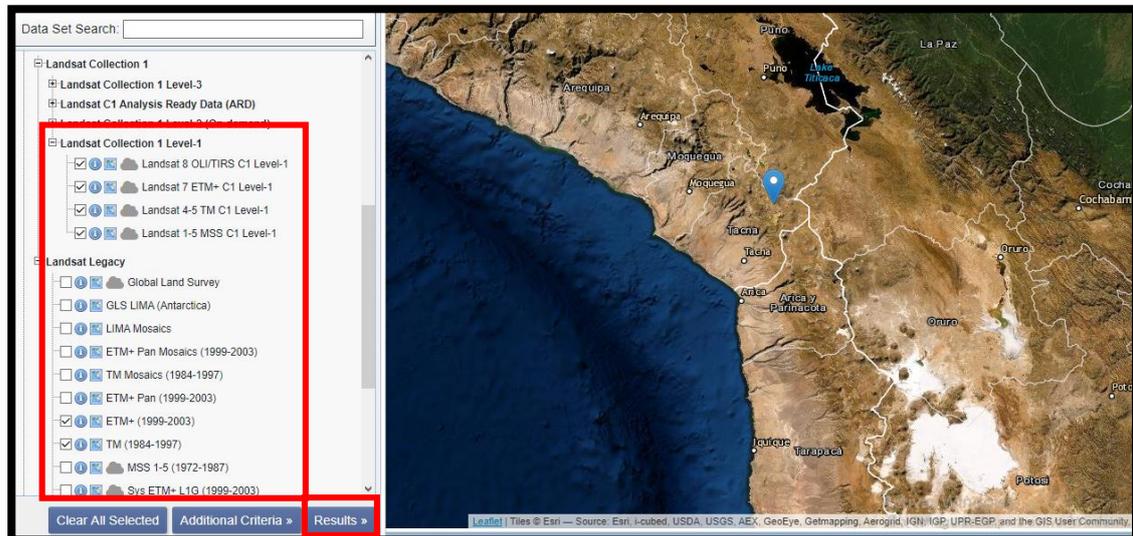
Nota. Adaptado del portal web del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS).

Dar click en data set y, aparecerá un menú donde se debe seleccionar la opción Landsat/Landsat Collection, marcar las 4 opciones como se ve en la figura 3. Luego se

debe seleccionar la opción Landsat/Landsat Legacy, marcar las opciones ETM+ (1999 – 2003) y TM (1984 – 1997). Por último dar click en “Results”.

Figura 2

Selección de las Imágenes Landsat

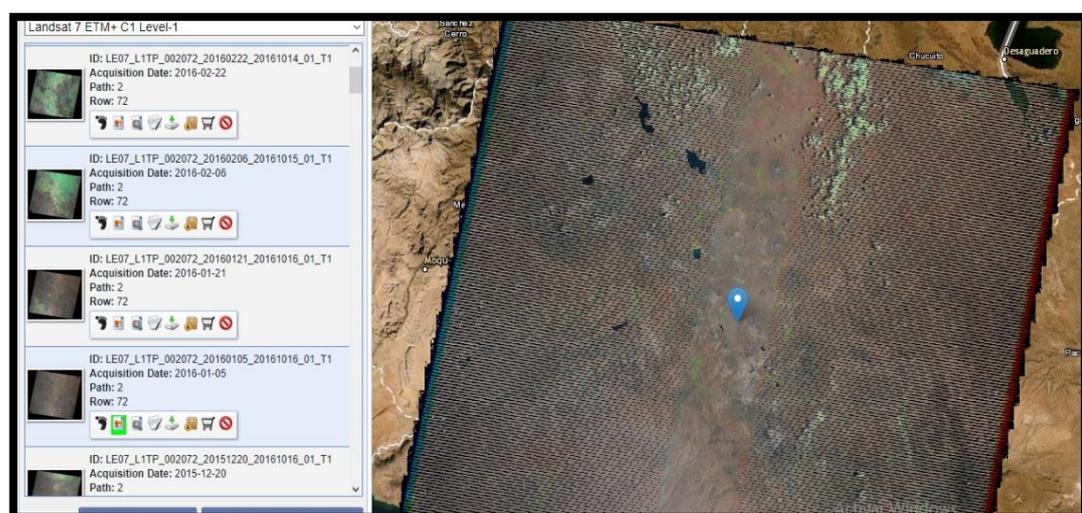


Nota. Adaptado del portal web del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS)

Descargar las imágenes que tengan poca nubosidad para que el procesamiento de la imagen sea de mayor calidad, por ejemplo, en la Figura 4 se observa que la zona de muestreo no presenta nubosidad pudiendo ser procesada sin ningún inconveniente.

Figura 3

Descarga de las imágenes satelitales

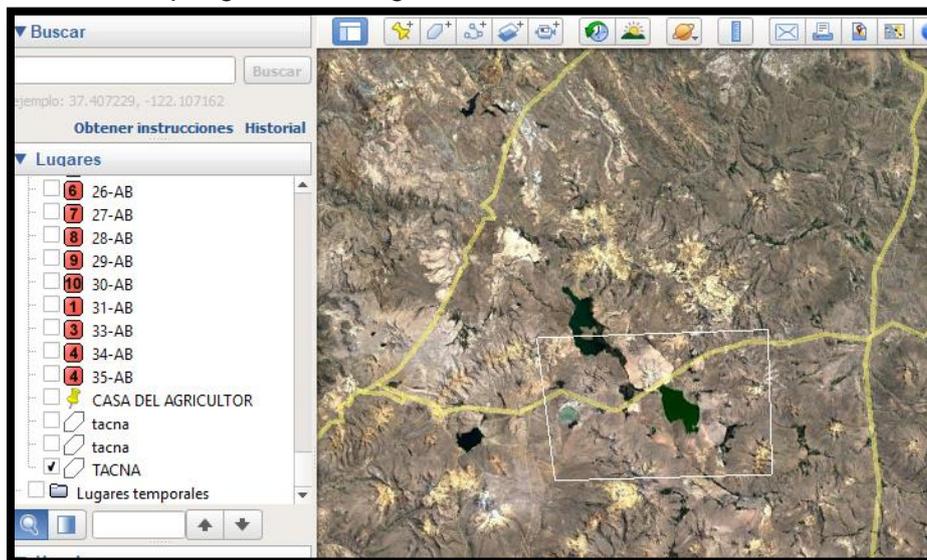


Nota. Adaptado del portal web del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS)

Abrir Google Earth pro y crear un polígono dentro del área de estudio usando el cursor como se ve en la figura 5, guardar el polígono en formato “.kmz”.

Figura 4

Creación de polígono en Google Earth



Nota. Adaptado del software Google Earth.

Abrir el programa Global Mapper, a través de la opción “Open Data Files” como se ve en la Figura 6 abrir el polígono creado en google Earth pro

Figura 5

Portal del software Global Mapper

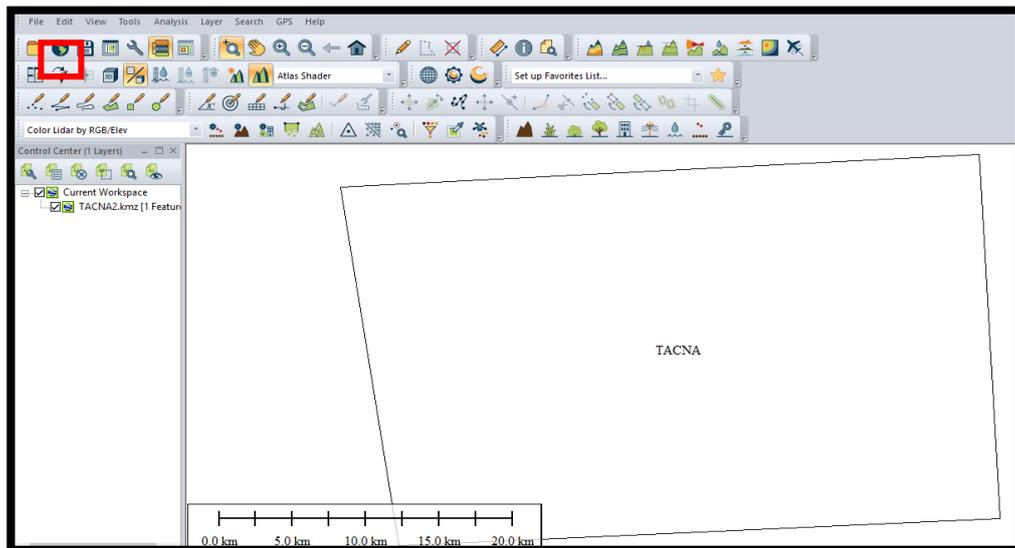


Nota. Adaptado del software Global Mapper

Una vez cargado el polígono en Global Mapper, sólo aparecerá un rectángulo sin el área de estudio como se ve en la Figura 7, para georeferenciar dicha área, dar click en la opción “Connect to online data” ubicado en la parte superior izquierda.

Figura 6

Conexión a la data en línea

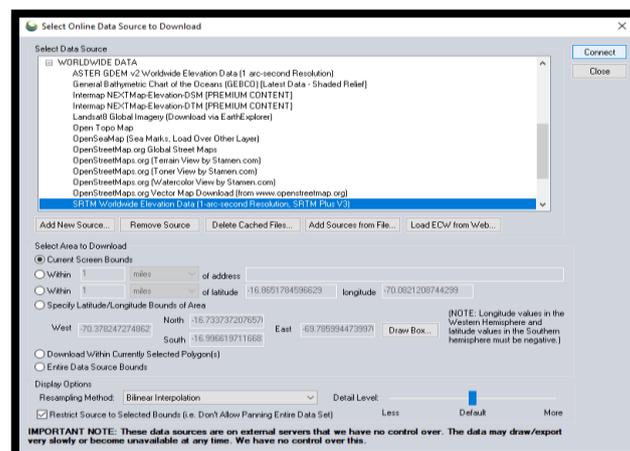


Nota. Adaptado del software Global Mapper

Seleccionar “WORLD WIDE DATA”, luego elegir la opción “SRTM Worldwide Elevation Data (1-arc-second Resolution, SRTM Plus V3)” y dar click en “Connect”.

Figura 7

Selección de la data

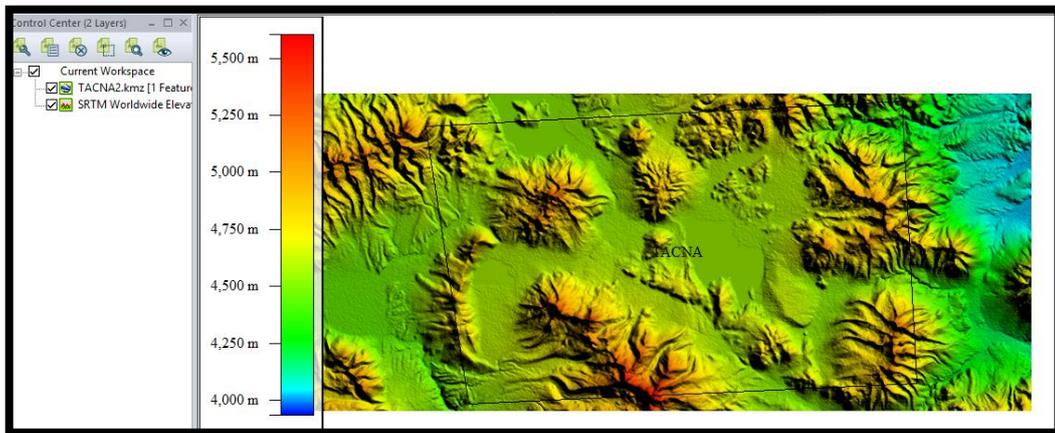


Nota. Adaptado del software Global Mapper.

Ahora la imagen presenta los datos de elevación como se aprecia en la Figura 9, las cuales servirá para obtener las curvas de nivel.

Figura 8

Imagen de elevación

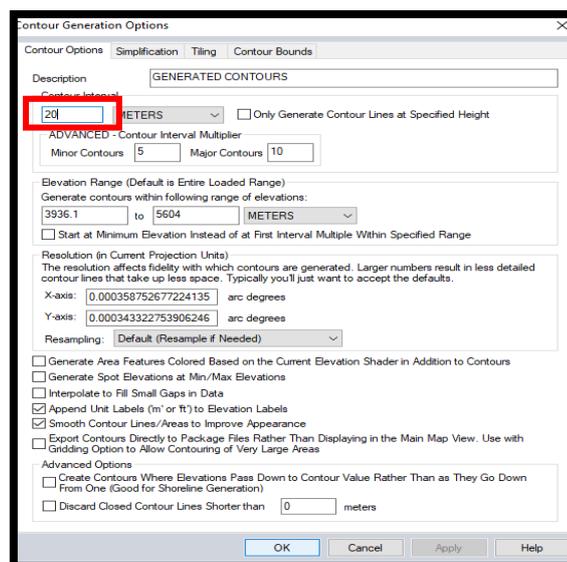


Nota. Adaptado del software Global Mapper.

Para crear las curvas de nivel, se selecciona en el menú principal mostrado en la Figura 10, la opción de “Análisis”, luego seleccionar “Generate Contours (from Terrain Grid...)”, aparecerá una ventana donde en el intervalo de las curvas se colocará el valor de 20 y por último dar click en “OK”.

Figura 9

Intervalo de las curvas de nivel

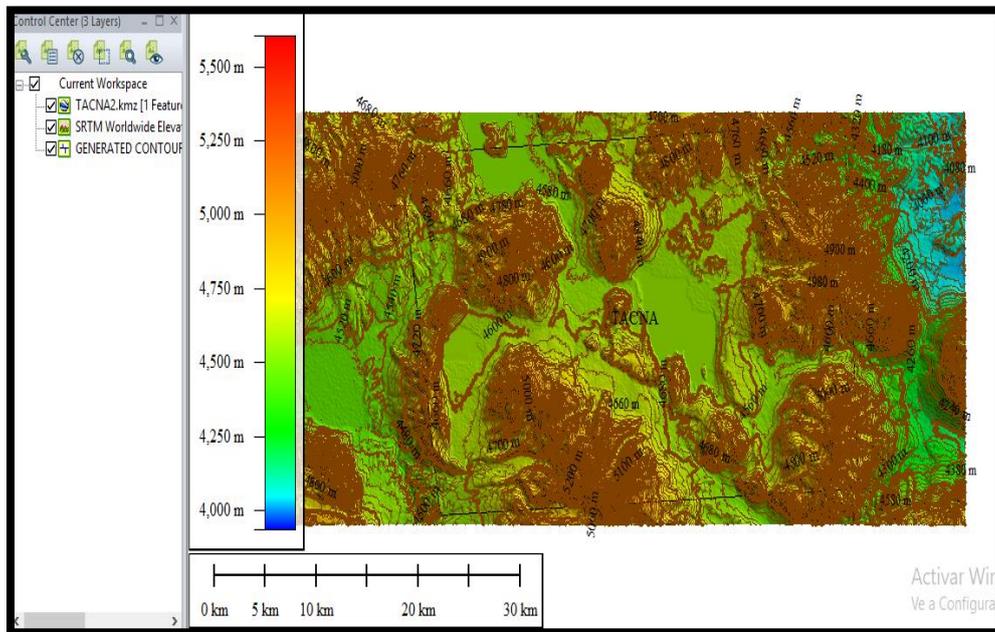


Nota. Adaptado del software Global Mapper.

Se habrá creado las curvas de nivel como se ve en la Figura 11, dichas curvas deberán ser exportados en formato shapefile para procesarlo en ArcMap.

Figura 10

Curvas de nivel



Nota. Adaptado del software Global Mapper.

3.4.2.1. Fase de procesamiento de información

3.4.2.1.1. Crear TIN

Para crear la imagen TIN, tal como se observa en la figura 12, se debe ingresar las curvas de nivel y la zona de estudio, luego, realizar los siguientes pasos:

Por otro lado, como se observa en la figura 13, las zonas de color rojo son las de mayor elevación y las zonas verdes son las de menor elevación

Figura 12

Diagrama para procesar imagen TIN

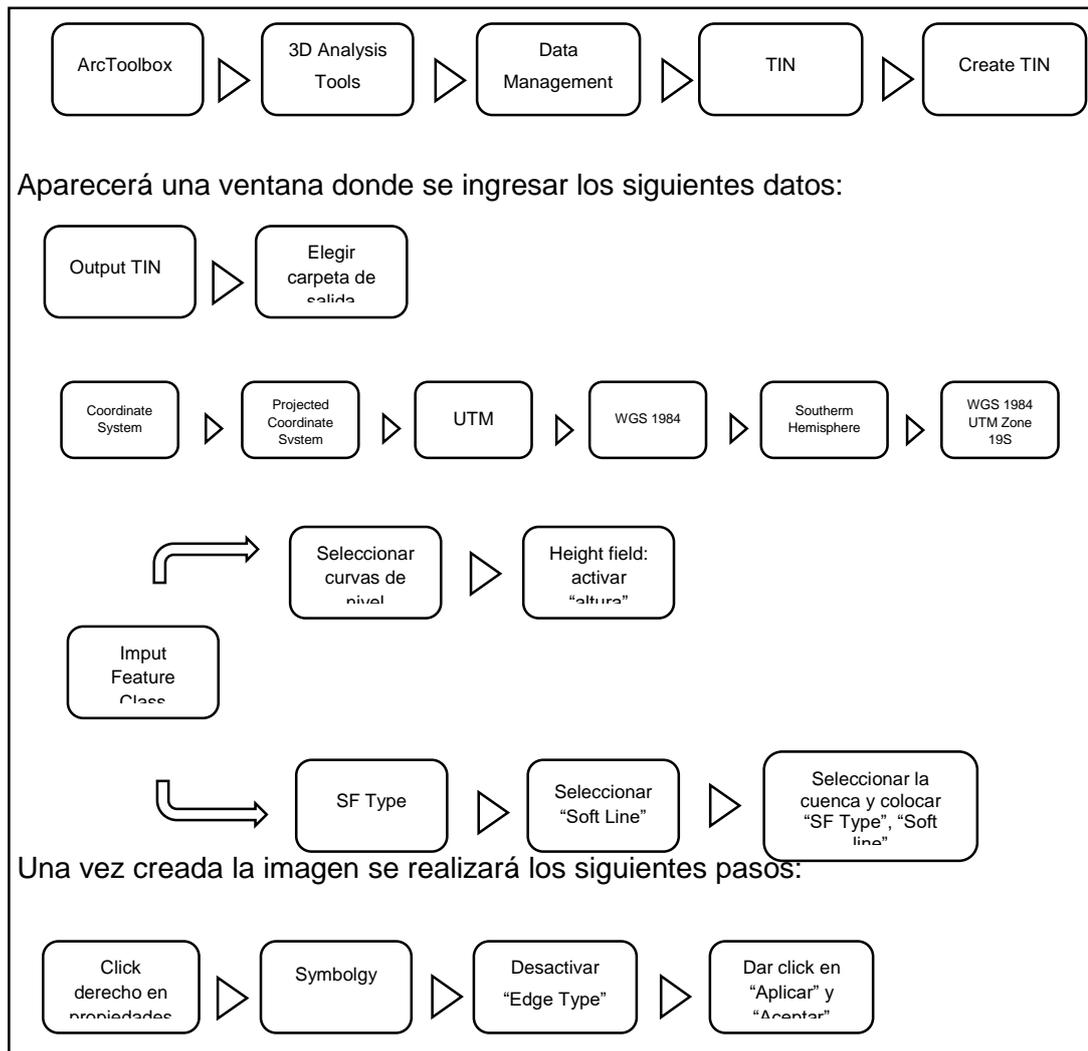
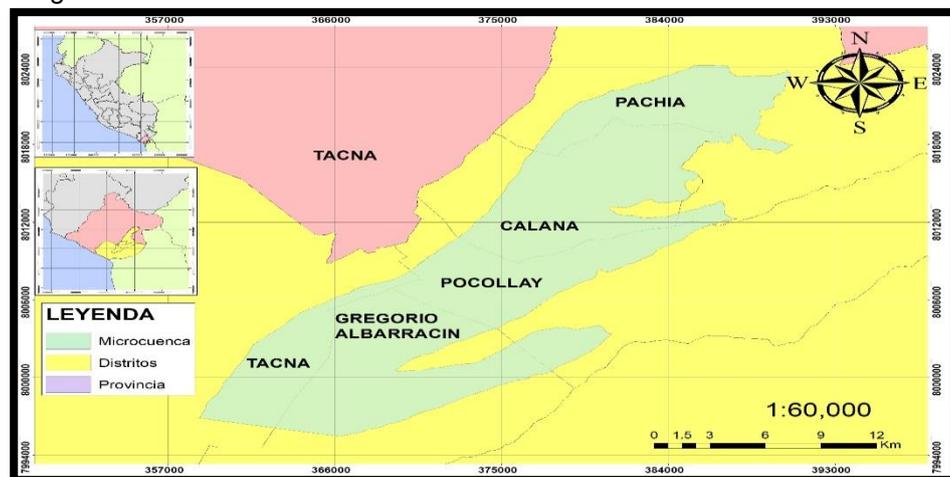


Figura 13

Imagen TIN



Nota. Adaptado con el software ArcGIS

3.4.2.1.2. Crear imagen DEM

Un modelo digital de elevación (DEM) es una representación visual y matemática de los valores de altura con respecto al nivel medio del mar, que permite caracterizar las formas del relieve y los elementos u objetos presentes en el mismo.

Seguir los siguientes pasos que se muestran en la figura 14:

Figura 14

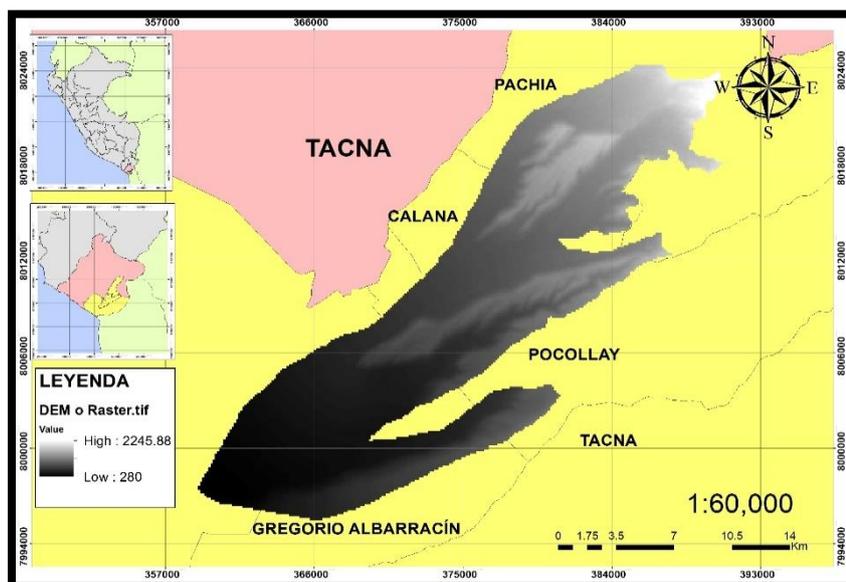
Diagrama para la elaboración de imagen DEM



Se habrá creado la Imagen DEM, esta imagen (figura 15) es una representación visual de valores de altura con respecto al nivel del mar, que caracterizan los relieves y los elementos u objetos presentes en dicha imagen.

Figura 15

Imagen DEM



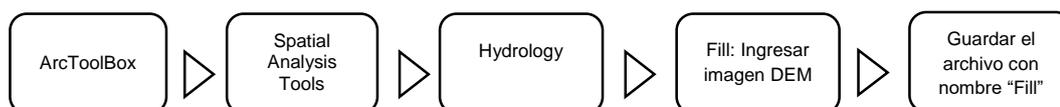
Nota. Adaptado con el Software ArcGIS

3.4.2.2. Análisis de cuenca

Para realizar el análisis de parámetros geomorfológicos de la cuenca se realizará los siguientes pasos:

Figura 16

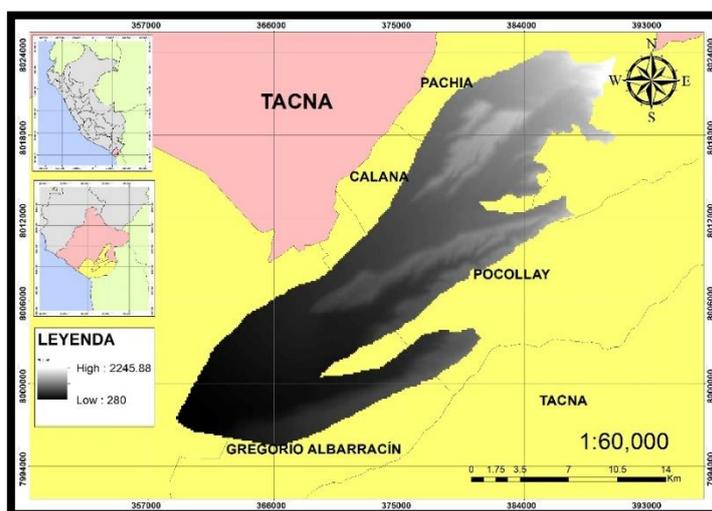
Diagrama para la elaboración de Imagen Fill



Como se ve en la figura 17, la imagen Fill a través de sus colores blanco y negro servirá para obtener la red hídrica presente en la microcuenca del río Caplina.

Imagen 17

Imagen Fill

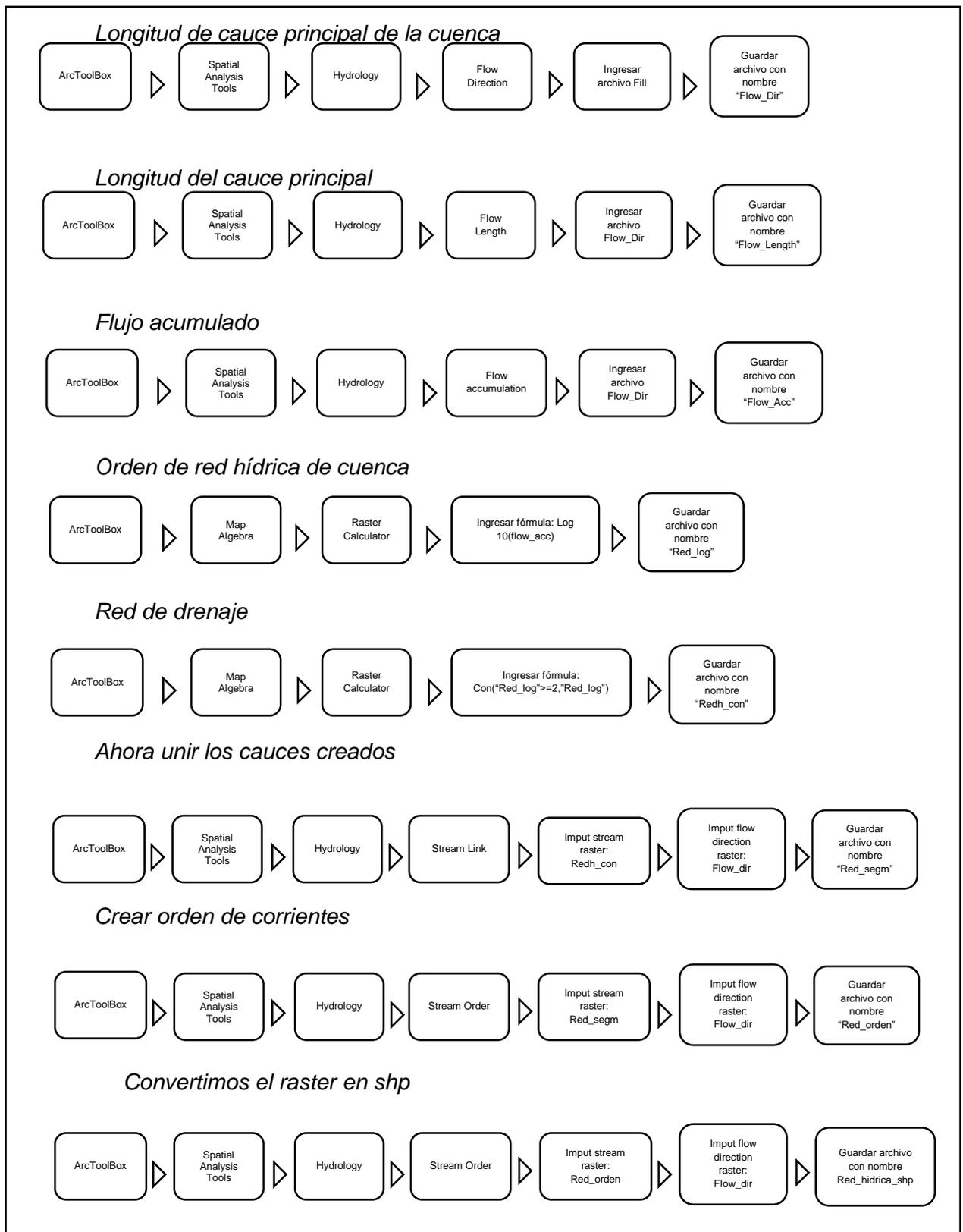


Nota. Adaptado con el software ArcGIS

Una vez obtenida la imagen Fill, se realizará los siguientes pasos como se ven en el diagrama de la Figura 18, donde muestra los pasos que se realiza en el software ArcGIS para obtener la red hídrica de la microcuenca del Río Caplina.

Figura 18

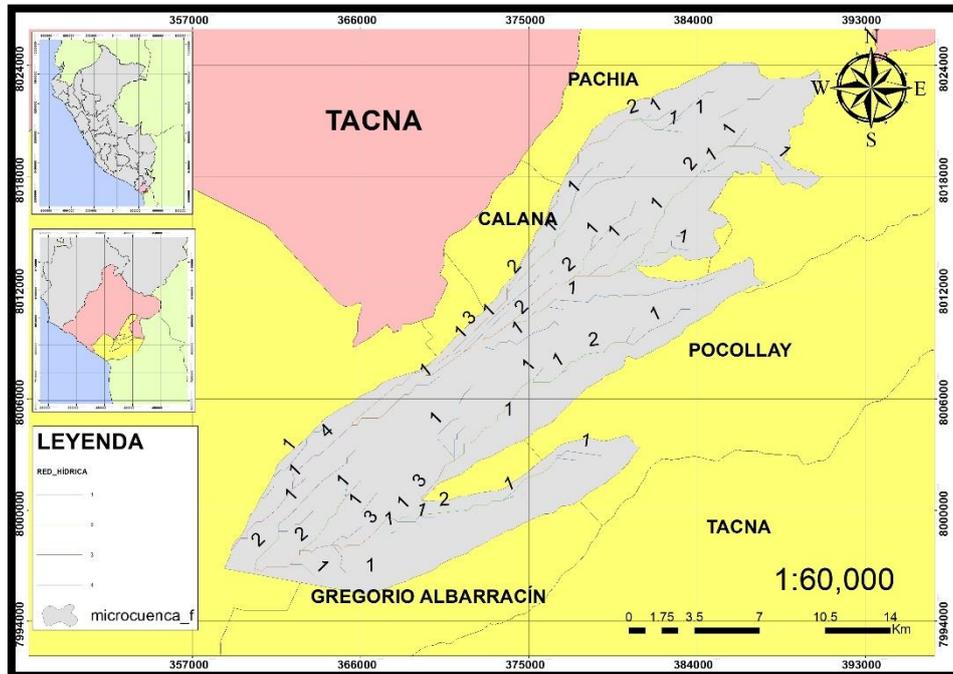
Diagrama para obtener Red Hídrica de la Microcuenca del Rio Caplina



Se creó la imagen de la red hídrica de la microcuenca del río Caplina, donde la numeración del 1 al 4 representa las fuentes de origen de la cuenca de inicio a fin.

Figura 19

Red hídrica de la microcuenca del río Caplina

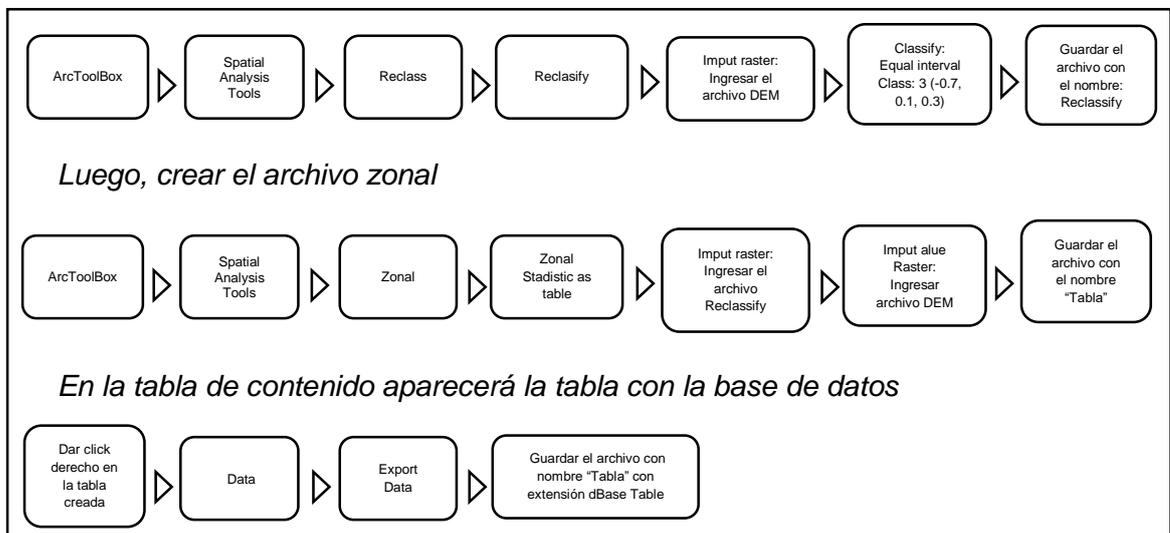


Nota. Adaptado con el software ArcGIS

Con las imágenes obtenidas, se creará la curva hipsométrica (Figura 20) que permitirá conocer la distribución de masa en la cuenca desde arriba hacia abajo.

Figura 20

Creación de la curva hipsométrica



3.4.3. Cobertura vegetal

Se realizó una comparación de resultados obtenidos entre los software ArcGIS y ENVI utilizando las bandas 3 y 4 de las imágenes Landsat 5 y Landsat 7 entre los periodos húmedos y secos, las imágenes satelitales utilizadas son las siguientes:

Tabla 1

Imágenes satelitales

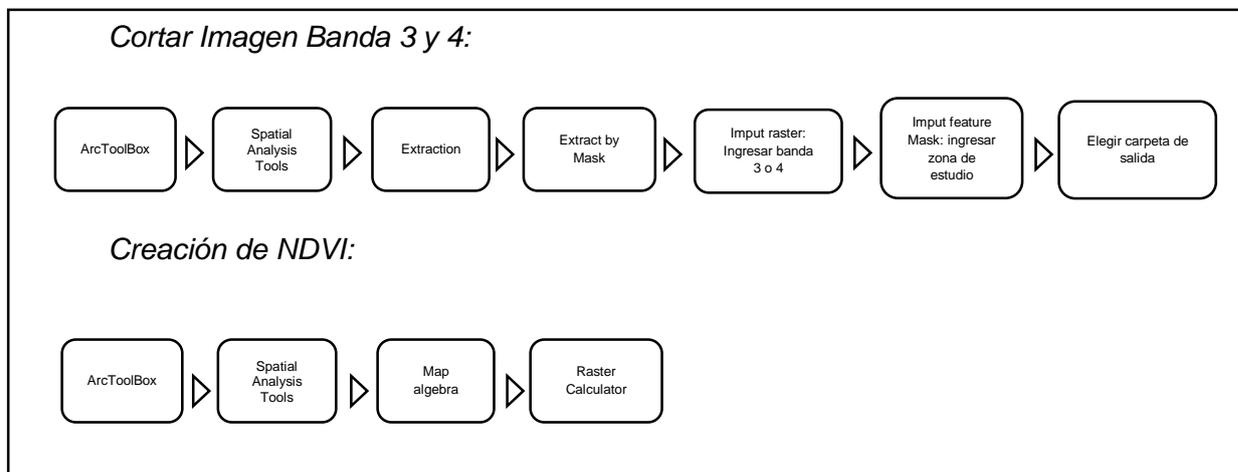
Landsat 5		Landsat 7	
Periodo húmedo	Periodo seco	Periodo húmedo	Periodo seco
07/02/1996	01/08/1996	31/01/2014	12/09/2014
30/01/1999	10/08/1999	05/01/2016	17/09/2016
23/01/2008	02/08/2008	26/01/2018	06/08/2018
16/02/2011	28/09/2011		

3.4.3.1. Procesar Imágenes Landsat 5 y 7 en ArcGIS

Para procesar las imágenes landsat 5 se debe realizar lo siguiente:

Figura 21

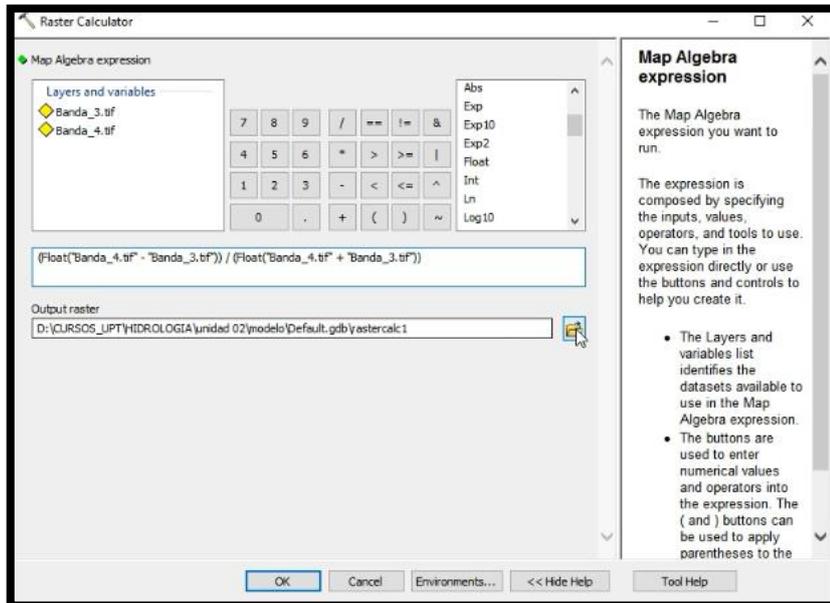
Procesamiento de imagen Landsat 5



Ingresar la fórmula (Float ("banda4.tif" - "banda3.tif")) / (Float ("banda4.tif" + "banda3.tif")) y elegir la carpeta de partida, guardar el archivo con nombre NDVI.

Figura 22

Calculadora raster

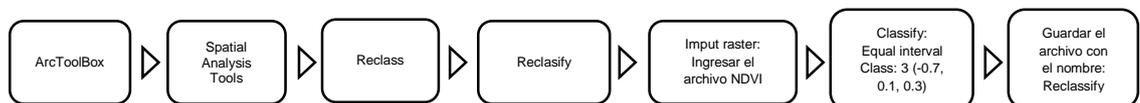


Nota. Adaptado con el software ArcGIS.

Por último se debe reclasificar la imagen usando una rango de -0.7 a 0.1 dividido en 3 partes como se ve en la figura 23:

Figura 23

Crear Reclassify



Para procesar las imágenes Landsat 7 se debe corregir las imágenes usando el software ENVI y cargar la banda 3 y 4, luego realizar los siguientes pasos:

Figura 24

Procedimiento para abrir las bandas 3 y 4



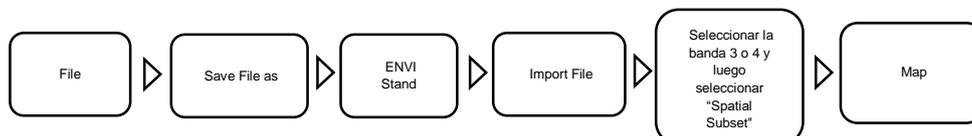
Seleccionar la banda que se va a calibrar, aparecerá la banda corregida y lista para ser procesada. Para procesar la imágenes Landsat 7, se repetirá los mismo pasos que se realizó para procesar la imágenes Landsat 5.

3.4.3.2. Procesar Imágenes Landsat 5 y 7 en ENVI

Insertar las bandas 3 y 4 al software y se realizará los siguientes pasos:

Figura 25

Procesamiento de las bandas 3 y 4 de las imágenes Landsat 5 y 7 en ENVI



En la opción "Map" se colocarán las coordenadas y en la opción "Change Projection" se cambiará la proyección de Norte "N" a Sur "S".

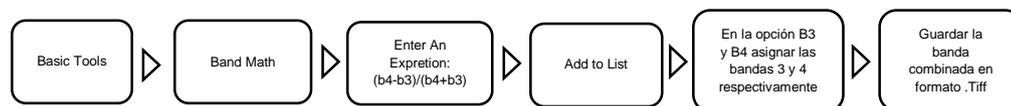
Coordenadas de corte:

- *Upper Left Coordinate*
356188.083
8025827.221
- *Lower Right Coordinate*
391629.443
7995124.231

Con el ingreso de las coordenadas se cortará la imagen centrada solo en la zona de estudio, luego se combinará las bandas procesadas realizando lo siguiente:

Figura 26

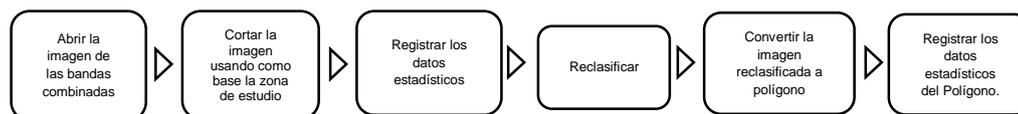
Combinación de las bandas 3 y 4



Para obtener los datos estadísticos se abrirá la imagen de las bandas combinadas en ArcGIS y se realizará las siguientes acciones:

Imagen 27

Obtención de datos estadísticos en ArcGIS



3.4.3. Matriz de Leopold

La matriz de Leopold es un cuadro de doble entrada que identifica impactos y acciones que puedan alterar o provocar cambio en el ecosistema. Esta matriz puede relacionar cien acciones con ochenta y ocho factores ambientales dando un total de 8.800 interacciones posibles, algunas acciones serán improbables que ocurran pero al tener una lista extensa de actividades humanas evitará el olvido de cada actuación que se va a realizar (Verd, 2000). Cada cuadro se divide en dos, donde la parte superior se coloca la magnitud del impacto, precedida por el signo “-“si el impacto es negativo o “+” si el impacto es positivo, y por último se coloca los valores del 1 al 10, donde 1 es la mínima alteración y 10 es la máxima alteración. En la parte inferior la intensidad, también se valora del 1 al 10. Al realizar la suma por cada fila se obtendrá su grado de fragilidad, y la suma por cada columna indicará el valor relativo del efecto que producirá cada acción (Coria, 2008)

Para utilizar el ANOVA de forma satisfactoria deben cumplirse tres tipos de hipótesis, aunque se aceptan ligeras desviaciones de las condiciones ideales:

- Cada grupo de datos deberán ser independiente de los demás datos.
- Los resultados obtenidos para cada conjunto deben seguir una distribución normal.
- Las varianzas de cada conjunto de datos no deben diferir de forma significativa

CAPÍTULO IV RESULTADOS

4.1. Parámetros geomorfológicos

Según los resultados de la tabla 2, el Área de 319,81 Km² señala que la microcuenca se clasifica como Pequeña-Intermedia, la pendiente promedio al ser de 13% indica que la cuenca tiene una pendiente accidentada (IBAL S.A., 2009).

Tabla 2

Parámetros geomorfológicos

Descripción de la superficie	Unidad	Valor
Área	Km ²	319,81
Perímetro	Km	140,42
<i>Cotas</i>		
Máxima	msnm	2245,88
Mínima	msnm	280,00
<i>Centroide</i>		
X centroide	Km	375,20
Y centroide	Km	8008,76
<i>Altitud</i>		
Altitud media	msnm	874,31
Altitud más frecuente	msnm	427,45
Altitud de frecuencia media	msnm	973,40
<i>Pendiente</i>		
Pendiente promedio de la cuenca	%	13
<i>Red Hídrica</i>		
Longitud del curso principal	Km	466,59
Orden de la red hídrica	UND	4
Longitud de la red hídrica	Km	241,6635
Pendiente promedio de la red hídrica	%	6.00
<i>Parámetros Generados</i>		
Tiempo de concentración	h	61,85
Pendiente del cauce principal	m/Km	4,21

4.1.1. Curva hipsométrica

Usando el software ArcMap, se extrajo los datos mostrados en la tabla 3 que se utilizaron para definir la curva hipsométrica del río Caplina, como se ve en la tabla 4 se utilizaron las columnas “área”, “mínimo” y “máximo”.

Tabla 3
Datos ArcMap

ID	Valor	Conteo	Área	Mínimo	Máximo	Rango	Media	Desviación estándar	Suma
1	1	1387	22549756,66	280	378,21454	98,214539	335,591296	26,51293	465465,1275
2	2	2657	43197334,86	378,310699	476,58313	98,27243	427,669667	28,08755	1136318,306
3	3	2153	35003335,32	476,58905	574,77313	98,184082	515,968825	28,100752	1110880,88
4	4	1321	21476732,91	574,935791	673,10773	98,171936	621,997434	27,997557	821658,6098
5	5	1426	23183816,15	673,221375	771,37994	98,158569	723,201493	28,229369	1031285,329
6	6	1731	28142486,5	771,685913	869,74286	98,056946	821,242971	27,62347	1421571,583
7	7	1486	24159292,28	870,044006	967,98834	97,944336	918,061283	28,607571	1364239,066
8	8	1371	22289629,69	968,105957	1066,2557	98,14978	1016,935191	28,28706	1394218,146
9	9	1168	18989268,77	1066,374268	1164,532	98,157715	1115,070742	28,300214	1302402,627
10	10	1034	16810705,4	1164,72644	1262,9254	98,198975	1213,43656	28,082961	1254693,403
11	11	1084	17623602,18	1263,137695	1361,0612	97,923462	1313,806546	28,257755	1424166,296
12	12	926	15054848,35	1361,235352	1459,2606	98,025269	1409,163672	28,013227	1304885,561
13	13	821	13347765,12	1459,727417	1557,5693	97,841919	1503,901379	27,926038	1234703,032
14	14	427	6942138,496	1558,134155	1655,7714	97,637207	1602,265124	27,996038	684167,2079
15	15	225	3658035,507	1656,795044	1753,4364	96,641357	1701,779787	28,890387	382900,452
16	16	150	2438690,338	1754,658203	1852,0756	97,417358	1798,718524	27,895271	269807,7786
17	17	105	1707083,237	1852,968262	1949,9161	96,947876	1898,695546	27,866797	199363,0323
18	18	79	1284376,911	1953,52002	2045,9387	92,418701	1997,749635	28,654179	157822,2212
19	19	61	991734,0708	2049,41626	2146,5652	97,148926	2099,146532	28,388199	128047,9385
20	20	28	455222,1965	2149,830322	2245,8811	96,050781	2178,935686	23,034599	61010,19922

Tabla 4

Frecuencia de altitudes

Idem	Cota (m.s.m.m)					Área (Km ²)				
	Mínima	Máxima	Promedio	Intervalo	Intervalo (Reducido)	Acumulado	% Acumulado	% Intervalo	ai ci	
1	280	378,21454	329,107	22549756,66	22,55	319,31	100,00	7,06	7421,29	
2	378,3107	476,58313	427,447	43197334,86	43,20	296,76	92,94	13,53	18464,57	
3	476,5891	574,77313	525,681	35003335,32	35,00	253,56	79,41	10,96	18400,59	
4	574,9358	673,10773	624,022	21476732,91	21,48	218,56	68,45	6,73	13401,95	
5	673,2214	771,37994	722,301	23183816,15	23,18	197,08	61,72	7,26	16745,69	
6	771,6859	869,74286	820,714	28142486,50	28,14	173,89	54,46	8,81	23096,94	
7	870,044	967,98834	919,016	24159292,28	24,16	145,75	45,65	7,57	22202,78	
8	968,106	1066,2557	1017,181	22289629,69	22,29	121,59	38,08	6,98	22672,58	
9	1066,374	1164,532	1115,453	18989268,77	18,99	99,30	31,10	5,95	21181,64	
10	1164,726	1262,9254	1213,826	16810705,40	16,81	80,31	25,15	5,26	20405,27	
11	1263,138	1361,0612	1312,099	17623602,18	17,62	63,50	19,89	5,52	23123,92	
12	1361,235	1459,2606	1410,248	15054848,35	15,05	45,88	14,37	4,71	21231,07	
13	1459,727	1557,5693	1508,648	13347765,12	13,35	30,83	9,65	4,18	20137,08	
14	1558,134	1655,7714	1606,953	6942138,50	6,94	17,48	5,47	2,17	11155,69	
15	1656,795	1753,4364	1705,116	3658035,51	3,66	10,54	3,30	1,15	6237,37	
16	1754,658	1852,0756	1803,367	2438690,34	2,44	6,88	2,15	0,76	4397,85	
17	1852,968	1949,9161	1901,442	1707083,24	1,71	4,44	1,39	0,53	3245,92	
18	1953,52	2045,9387	1999,729	1284376,91	1,28	2,73	0,86	0,40	2568,41	
19	2049,416	2146,5652	2097,991	991734,07	0,99	1,45	0,45	0,31	2080,65	
20	2149,83	2245,8811	2197,856	455222,20	0,46	0,46	0,14	0,14	1000,51	
						TOTAL	319,31		TOTAL	279171,78

- Altitud más frecuente: 427,45
- Altitud de frecuencia media: 973,40
- Altitud media: 874,31

Donde:

$$\text{Intervalo (reducido)} = \frac{\text{Intervalo}}{1000000}$$

$$\text{Acumulación} = \text{Intervalo (1)} + \text{Intervalo (2)} + \dots + \text{Intervalo (20)}$$

$$\% \text{ Acumulado} = \left(\frac{\text{Acumulado}}{\text{Intervalo Total}} \right) * 100$$

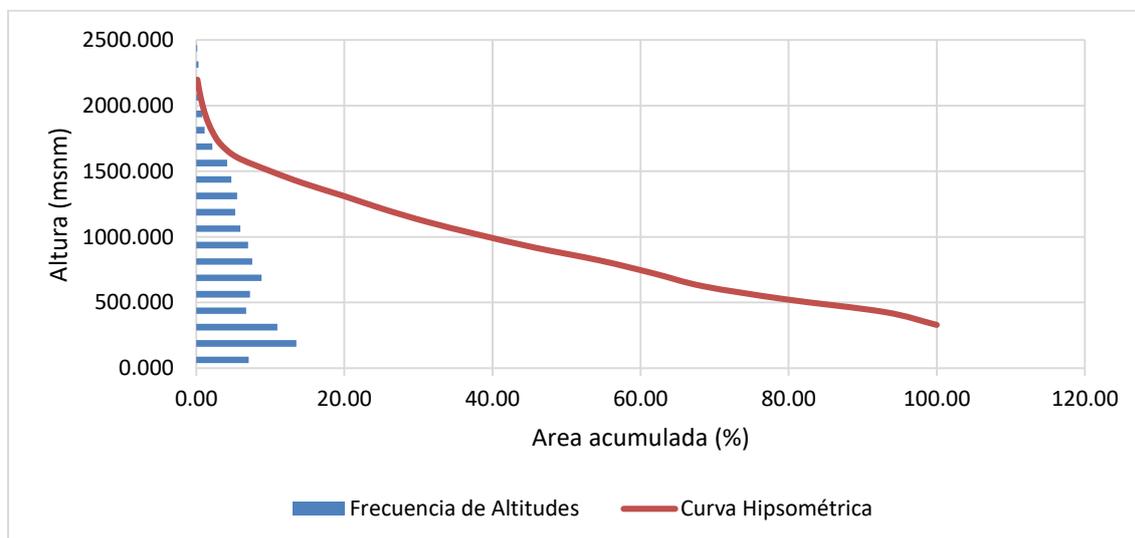
$$\% \text{ Intervalo} = \text{Acumulado (1)} - \text{Acumulado (2)}$$

$$a_i \text{ c}_i = \text{Promedio} * \text{Intervalo (reducido)}$$

Según la forma de la curva (Figura 28), la microcuenca está en fase de vejez (Strahler, 1952) debido a las actividades antrópicas que se realizan en los alrededores de la microcuenca.

Figura 28

Curva hipsométrica y frecuencia de altitudes



4.1.2. Pendiente

Usando el software ArcMap, se extrajo los datos (tabla 5) que se utilizarán para definir la pendiente de la microcuenca del río Caplina, como se ve en la tabla 6 se utilizará las columnas, "área", "mínimo" y "máximo".

Tabla 5

Datos de ArcMap

ID	Valor	Conteo	Área (Km ²)	Mínimo	Máximo	Rango	Media	Desviación estándar	Suma
1	1	6516	105936708,3	0	3,553435	3,553435	2,229741	0,945878	14528,9926
2	2	3735	60723389,42	3,554594	7,106986	3,552392	5,113555	1,046878	19099,1279
3	3	1965	31946843,43	7,109967	10,660132	3,550165	8,637736	1,051448	16973,1515
4	4	1258	20452482,97	10,663355	14,203675	3,54032	12,310263	1,011544	15486,3113
5	5	1006	16355483,2	14,220796	17,749636	3,52884	15,962862	1,036224	16058,6396
6	6	835	13575376,22	17,77384	21,324181	3,550341	19,496546	1,029268	16279,6157
7	7	708	11510618,4	21,329575	24,875965	3,546391	23,024017	1,033468	16301,0039
8	8	642	10437594,65	24,889376	28,429483	3,540108	26,594788	1,010513	17073,8538
9	9	582	9462118,512	28,434925	31,98632	3,551395	30,251741	1,035149	17606,5135
10	10	515	8372836,828	31,994799	35,531345	3,536547	33,781158	1,031869	17397,2965
11	11	513	8340320,956	35,542313	39,09544	3,553127	37,339274	1,029759	19155,0477
12	12	437	7104717,852	39,09761	42,644749	3,547138	40,789152	1,019345	17824,8593
13	13	325	5283829,066	42,65612	46,203175	3,547054	44,359494	0,991746	14416,8355
14	14	233	3788098,992	46,207253	49,754761	3,547508	47,819048	0,992867	11141,8381
15	15	148	2406174,467	49,767963	53,281815	3,513851	51,404113	1,056359	7607,80876
16	16	108	1755857,043	53,343605	56,809486	3,465881	54,697734	0,926887	5907,35532
17	17	65	1056765,813	56,888794	60,31031	3,421516	58,620836	0,964682	3810,35432
18	18	26	422706,3253	60,503418	63,932335	3,428917	62,494862	0,918199	1624,86641
19	19	14	227611,0982	64,239944	66,923798	2,683853	65,547317	0,910718	917,662437
20	20	9	146321,4203	67,576935	71,084152	3,507217	68,972186	1,354083	620,749672

Tabla 6

Pendiente de la cuenca

N°	Rango pendiente			N° de ocurrencias (2)	(1)*(2)
	inferior	superior	promedio (1)		
1	0,00	3,55	1,78	105936708,3	188219604
2	3,55	7,11	5,33	60723389,42	323703637
3	7,11	10,66	8,89	31946843,43	283849285
4	10,66	14,20	12,43	20452482,97	254296254
5	14,22	17,75	15,99	16355483,2	261445932
6	17,77	21,32	19,55	13575376,22	265385172
7	21,33	24,88	23,10	11510618,4	265927169
8	24,89	28,43	26,66	10437594,65	278260319
9	28,43	31,99	30,21	9462118,512	285856490
10	31,99	35,53	33,76	8372836,828	282692693
11	35,54	39,10	37,32	8340320,956	311251408
12	39,10	42,64	40,87	7104717,852	290378199
13	42,66	46,20	44,43	5283829,066	234758663
14	46,21	49,75	47,98	3788098,992	181756804
15	49,77	53,28	51,52	2406174,467	123977872
16	53,34	56,81	55,08	1755857,043	96706540
17	56,89	60,31	58,60	1056765,813	61926003
18	60,50	63,93	62,22	422706,3253	26299890
19	64,24	66,92	65,58	227611,0982	14927162
20	67,58	71,08	69,33	146321,4203	10144544
			Total	319305854,9	4041763639

Pendiente media de la cuenca: 13 %

4.1.3. Red hídrica

Utilizando el software ArcMap, se ordenó la red hídrica según su jerarquía y estructura, ordenándolas de mayor a menor como se ve en la tabla 7 y luego se calculará la longitud total de la microcuenca (tabla 8).

Tabla 7

Datos ArcMap

Orden	Grid_Code	Conteo de Grid_Core	Sumatoria (Km ²)
0	1	50	121,1059
1	2	25	56,4925
2	3	19	54,0215
3	4	2	10,0436

Tabla 8

Red Hídrica

Orden de Red hídrica	Longitud (Km ²)
1	121,1059
2	56,4925
3	54,0215
4	10,0436
<i>Total</i>	<i>241,6635</i>

4.1.4. Pendiente de red hídrica

Utilizando el software ArcGIS se calculó la pendiente de la red hídrica (Tabla 19), donde se utilizó la columna “conteo” y “medida” para obtener el promedio de la pendiente de la microcuenca del río Caplina (Tabla 20).

Tabla 9

Datos de ArcGis

Rowid	Orden	Conteo	Área (Km ²)	Mín.	Máx.	Rango	Medida	Desviación estándar	Suma	Variedad	Mayoría	Minoría	Media
1	1	1173	19070558,4	1	14	13	2,419437	2,120745	2838	14	1	13	2
2	2	524	8519158,25	1	10	9	1,715649	0,983288	899	9	1	7	2
3	3	521	8470384,44	1	3	2	1,24952	0,437148	651	3	1	3	1
4	4	101	1642051,49	1	2	1	1,019802	0,139319	103	2	1	2	1

Tabla 10

Pendiente de red hídrica

Orden de la red hídrica	Número de veces (1)	Pendiente promedio (%) (2)	(1)*(2)
1	1173	2,42	2838,00
2	524	1,72	899,00
3	521	1,25	651,00
4	101	1,02	103,00
Total	2319	6,40	14851,8222
Pendiente promedio =		6%	

4.2. Cobertura Vegetal

Se identificó la cobertura vegetal utilizando el software ArcGIS y ENVI, en la tabla 11, la cobertura vegetal ha sido determinada con el ArcGIS desde el año 1996 hasta el 2018; en la tabla 12 también se determinó la cobertura vegetal usando el software ENVI y el mismo periodo de tiempo.

Tabla 11

Datos estadísticos de ArcGis

Fecha	Mín	Max	Media	Desv. Stand.	Área de vegetación (Km ²)
7/02/1996	-0,216	0,562	-0,052	0,044	2,198
1/08/1996	-0,294	0,655	-0,020	0,051	3,741
30/01/1999	-0,348	0,444	-0,057	0,036	0,626
10/08/1999	-0,389	0,627	-0,031	0,045	2,883
23/01/2008	-0,433	0,592	-0,052	0,057	4,761
2/08/2008	-0,450	0,594	-0,028	0,050	10,590
16/02/2011	-0,500	0,614	-0,052	0,056	4,302
28/09/2011	-0,321	0,602	-0,044	0,045	2,330
31/01/2014	-0,531	0,310	-0,325	0,048	0,017
12/09/2014	-0,648	1,000	-0,322	0,044	0,046
5/01/2016	-0,622	1,000	-0,329	0,043	0,016
17/09/2016	-1,000	0,309	-0,319	0,037	0,016
26/01/2018	-0,654	1,000	-0,330	0,045	0,018
6/08/2018	-0,479	0,540	-0,112	0,045	0,8591

Tabla 12*Datos estadísticos de ENVI*

Fecha	Mín	Max	Media	Desv. Stand.	Área de Vegetación (Km ²)
7/02/1996	-0,287	0,606	-0,044	0,047	2,759
1/08/1996	-0,950	0,715	-0,015	0,059	4,8505
30/01/1999	-0,394	0,481	-0,047	0,039	1,0407
10/08/1999	-0,587	0,677	-0,024	0,050	4,8505
23/01/2008	-0,537	0,630	-0,041	0,061	5,7377
2/08/2008	-0,911	0,293	-0,451	0,049	0,0098
16/02/2011	-0,634	0,656	-0,042	0,060	5,1903
28/09/2011	-0,415	0,643	-0,033	0,048	3,0321
31/01/2014	-1,000	0,577	-0,189	0,063	1,2712
12/09/2014	-1,000	1,000	-0,203	0,062	0,8433
5/01/2016	-1,000	1,000	-0,192	0,057	0,758
17/09/2016	-1,000	0,565	-0,185	0,052	0,8433
26/01/2018	-1,000	1,000	-0,197	0,061	0,8793
6/08/2018	-1,000	0,803	0,083	0,062	0,8433

Comparando los resultados del área de vegetación de ArcGis y ENVI, ambos presentan una mínima diferencia, a partir del año 2014 la cobertura vegetal empieza a disminuir debido a las acciones antrópicas cerca de la microcuenca del río Caplina.

4.3. Matriz de Leopold

A través de la matriz de Leopold mostrado en la figura 29 se identificó y cuantificó los impactos ambientales relevantes, donde la flora, fauna, agua y suelo fueron los factores más afectados por las actividades desarrolladas en la microcuenca del río Caplina; la actividad de protección del entorno natural es la que más beneficios genera en la microcuenca; por último la adecuación de taludes, cosecha y transporte presentan un impacto negativo mínimo en la microcuenca del río Caplina.

4.4. Plan de manejo ambiental

Se elaboró propuestas de plan de manejo ambiental en base a los resultados obtenidos del análisis para ofrecer soluciones a través de proyectos y programas que debería llevarse a cabo para conservar la microcuenca del río Caplina, las propuestas se pueden apreciar en las tablas 13 al 16.

Tabla 13*Plan de manejo ambiental 1*

Nombre del proyecto	Campaña de educación ambiental
Ubicación	Microcuenca del río Caplina - Tacna
Tiempo de ejecución	Mediano plazo (15 días)
Descripción	
Este proyecto va orientado a la población ubicada en la zona de estudio, con la finalidad de brindar orientación sobre temas de calidad ambiental.	
Justificación	
En el tramo del río denominado río Seco, se puede apreciar gran cantidad de residuos urbanos, los cuales evitan el libre tránsito del río en épocas de precipitaciones, generando desborde e inundación afectando a las asociaciones de vivienda alrededor.	
Este es un peligro ya que en la zona de estudio se puede apreciar gran cantidad de viviendas y presencia de menores de edad y adultos mayores los cuales son personas vulnerables.	
Objetivos	1. Establecer campañas de educación ambiental dirigidas a los pobladores de la zona para evitar el arrojo de residuos urbanos al río.
	2. Incrementar el conocimiento de los personas para que puedan participar realizando estrategias de conservación de la microcuenca.
	3. Establecer valores sociales que generen interés para la protección del ambiente y su mejoramiento.
Metas	1. Concientizar en el manejo adecuado de residuos urbanos
	2. Distinguir las causas que alteran la microcuenca del río caplina
	3. Desarrollar buenas prácticas ambientales para la protección de la microcuenca del río Caplina
Actividades	1. Difundir campañas sobre el manejo adecuado de residuos urbanos
	2. Desarrollar actividades de remediación ambiental con la participación de voluntarios y asociaciones.
	3. Realizar estudios de reforestación de la microcuenca del río Caplina.

Tabla 14*Plan de manejo ambiental 2*

Nombre del proyecto	Conservación de Suelos
Ubicación	Microcuenca del río Caplina - Tacna
Tiempo de ejecución	Mediano plazo (15 días)
Descripción	
Este proyecto va orientado a la población ubicada en la zona de estudio, con la finalidad de promover prácticas dedicadas a la conservar los suelos	
Justificación	
Las actividades antropogénicas realizadas cerca de la microcuenca del río Caplina ocasionaron en el transcurso de los años la erosión y la pérdida de la cobertura vegetal, por tal motivo el propósito de este proyecto es realizar el mejoramiento y la protección ambiental de la microcuenca del río Caplina conservando su cobertura vegetal nativa.	
Objetivos	1. Aumentar la productividad de la tierra y controlar la erosión.
	2. Conservar y recuperar la cobertura vegetal de la microcuenca del río Caplina.
	3. Involucrar a los pobladores que participen en el proyecto
Metas	1. Establecer medidas de control de erosión del suelo
	2. Mejorar la fertilidad del suelo
	3. Desarrollar buenas prácticas de conservación del suelo de la microcuenca del río Caplina
Actividades	1. Difundir campañas sobre la conservación del suelo de la microcuenca del río caplina
	2. Establecer las áreas más deterioradas, determinar sus causas y requerir de mano de obra para la recuperación del suelo.
	3. Realizar estudios de reforestación de la microcuenca del río Caplina.

Tabla 15*Plan de manejo ambiental 3*

Nombre del proyecto	Implementación de vivero forestal para la producción de plantas endémicas
Ubicación	Microcuenca del río Caplina - Tacna
Tiempo de ejecución	Mediano plazo (15 días)
Descripción	
Este proyecto va orientado a la población ubicada en la zona de estudio, con la finalidad de promover prácticas dedicadas a la implementación de un vivero forestal para la producción de plantas endémicas	
Justificación	
La cobertura vegetal en la microcuenca del río caplina ha disminuido durante el transcurso de los años, por tal motivo se propone implementar un vivero forestal y así conservar la vegetación natural.	
Objetivos	1. Establecer un vivero forestal para conservar la cobertura vegetal
	2. Conservar y recuperar la cobertura vegetal de la microcuenca del río Caplina.
	3. Capacitar a los pobladores para el mantenimiento del vivero e involucrarse en el proyecto.
Metas	1. Recuperar las plantas endémicas de la microcuenca del río caplina
	2. Proteger la cobertura vegetal de la microcuenca del río Caplina
	3. Desarrollar buenas prácticas de conservación de la microcuenca del río Caplina
Actividades	1. Implementar el vivero forestal tomando en cuenta el área que se va a forestar, el distanciamiento de la plantación y el tiempo de permanencia del vivero.
	2. Adquirir las semillas para la supervivencia de la especie (<i>Solanum Nitidibacatum</i> y <i>Solanum Radicans</i>) y su posterior desarrollo.
	3. Realizar capacitaciones sobre la implementación del vivero y producción de las plantas.

Tabla 16*Plan de manejo ambiental 4*

Nombre del proyecto	Proyecto de Compensación por servicios ambientales
Ubicación	Microcuenca del río Caplina - Tacna
Tiempo de ejecución	Mediano plazo (15 días)
Descripción	
Este proyecto busca mejorar y proteger la calidad del agua	
Justificación	
Las actividades antrópicas generan la pérdida de las condiciones naturales de la microcuenca, para mantener dichas condiciones se debe elaborar estrategias de compensación de pago por los servicios ambientales, donde los beneficiados serían las personas que viven cerca de la microcuenca del río Caplina.	
Objetivos	1. Conservar las zonas no intervenidas y recuperar la cobertura vegetal de la microcuenca del río Caplina.
	2. Implementar pago por servicios ambientales para las personas que mantienen la microcuenca del río Caplina.
	3. Capacitar a los pobladores participantes para el mantenimiento de la microcuenca e involucrarse en el proyecto.
Metas	1. Implementar un eficiente mecanismo de pago por servicio ambiental.
	2. Compensar a los propietarios que se encuentren en el interior del área por la conservación de la microcuenca del río Caplina
	3. Desarrollar buenas prácticas de conservación de la microcuenca del río Caplina
Actividades	1. Identificar la valorización económica de las actividades que se realizan y las entidades que utilizan los bienes y servicio en la microcuenca.
	2. Socializar con las comunidades aledañas a la microcuenca para explicar el procedimiento del pago por servicio ambiental.
	3. Realizar capacitaciones sobre la implementación de pago por servicio ambiental

CAPÍTULO V: DISCUSIÓN

Mediante el uso del software ARCGIS se delimito la micro cuenca del rio Caplina utilizando las coordenadas WGS 1984 UTM Zone 19S, al tener un área de 319,81 Km², clasifica como pequeña – intermedia con una pendiente de 13 %, este valor que expresa la inclinación del terreno en unidades verticales en relación a 100 unidades de distancia (Bosque, 2000), se clasifica según IBAL (2009) como pendiente accidentada, estos resultados difieren a los encontrado por Rodríguez (2018) para la cuenca subcuenca Nupe de la cuenca Marañón, cuya pendiente de las subcuencas varía de 30,32 % para Nupe hasta 63,62 % para Chocta, con lo que se puede observar que las subcuencas tienen una pendiente suave a moderado.

La forma de la curva, la microcuenca está en fase de vejez (Strahler, 1952) debido a las actividades antrópicas que se realizan en los alrededores de la microcuenca, estudios similares han demostrado que las cuentas se deterioran por acción antrópica, en algunos casos modificando el uso del suelo, lo que afecta a la conservación de la cuenca, en el estudio realizado por Pérez (2013), en su investigación de título “Análisis del cambio de uso del suelo en una región del altiplano mexicano, se demuestra que se perdió el 29,8 % de bosques y el 26 % de pastizal, lo que conllevaría a impactos ambientales que afecten las condiciones de vida de las familias campesinas que habitan la zona, Al respecto en la zona de estudio ocurre algo similar porque se observa cambios en los usos de suelo ganando áreas en las zonas de cabeceras que la deterioran.

En lo que se refiere a la cuenca del rio Caplina, existen diversos estudios que demuestra su deterioro por acción antrópica; principalmente porque se modifica su regulación hídrica, puesto que la cuenca no cuenta con regulación propia, la oferta propia de la cuenca es escasa y se apoya en trasvases de las nacientes del rio Talabaya, el canal del Barroso y rio Uchusuma, así como las aguas subterráneas del acuífero del Ayro y del acuífero del Caplina, en la zona baja (Plan Operativo Institucional PET - 2014); estas acciones si bien es cierto mejoran el caudal hídrico, también contribuyen a modificar el suelo.

En un estudio realizado por Sotelo (2019) quien realizó un análisis de vulnerabilidad de riesgo al cambio climático en la cuenca Caplina, encontró que la cuenca es altamente vulnerable, dichos resultados van en concordancia a lo encontrado en el presente estudio, en esa línea, el estudio realizado por Vilcanqui (2020) reportó que existen

intervenciones antrópicas a lo largo de la cuenca del Caplina que existen zonas de extracción de material de construcción sin la autorización, en otras zonas se encontró estrechamiento de causes, y acumulación de residuos sólidos y residuos de construcción, lo que confirma el deterioro de la cuenca.

También se analizó la variación de la cobertura vegetal en la microcuenca del río Caplina mediante los softwares ArcGIS y ENVI usando las imágenes satelitales Landsat 5 y Landsat 7 entre los años de 1996 al 2018, tal como se observa en la tabla 11 y tabla 12, se encontró que existe disminución de la cobertura vegetal entre los años analizados con una tasa de disminución media de 0,466, no obstante el uso del suelo y cobertura vegetal están relacionados, no son lo mismo, tal como menciona Veliz (1996), la capa superficial de la tierra presenta continua transformación de material geológico por diversos procesos a través del tiempo, por lo que tiene un continuo deterioro por la ocupación de la capa de vegetación, por lo tanto su continuo deterioro causa que la vegetación sea cada vez menos, este hecho explicaría que la cuenca pierde cobertura vegetal cada año, además otra explicación de la pérdida de cobertura vegetal podría ser la constante escasez hídrica que soporta la cuenca.

Investigaciones hechas por Moreno y Renner (2007) indican que en recientes años los suelos experimentaron cambios significativos por necesidad de expansión agrícola y demográfica, esta posición es refrendada por Aguayo et al. (2009) quienes señalan que las actividades agrícolas impactan ambientalmente causando la pérdida de suelo. Por otro lado al existir pérdida de cobertura vegetal en la cuenca, afecta directamente a los procesos ecológicos y biofísicos, estructura trófica, los patrones climáticos y la estabilidad hídrica (Castellanos et al., (2011)). Los resultados encontrados en la presente tesis serían un indicador para que se implemente acciones de conservación de la cuenca, puesto que tal como indica Gonzaga (2014), las variaciones de las coberturas vegetales en la superficie terrestre, en determinados periodos de tiempo, son un importante indicador ambiental que ha sido empleado en diferentes ámbitos, desde estudios relacionados a las dinámicas de los ecosistemas, hasta la orientación en la toma de decisiones en temas de planificación del territorio ligadas al desarrollo.

Por otro lado en la identificación y determinación de los impactos ambientales a través del análisis del uso del suelo y las acciones antropogénicas, se encontró que afectación significativa sobre la flora, agua y suelo de la microcuenca, como los factores más afectados por las actividades desarrolladas en la microcuenca, en concordancia a lo analizado, se puede afirmar que los impactos cuantificados se explican por el deterioro

de la cobertura vegetal, este aspecto está ligado a la escases hídrica, que es otra explicación como impacto negativo a la disponibilidad de agua, estos factores están ligados unos entre otros por el hecho que la microcuenca funciona como un sistema, tal como afirma Vélez et al. (2003) quienes indica que la cuenca hidrográfica, es un territorio definido para el manejo de los recursos naturales, fundamentalmente el agua, suelo y vegetación.

CONCLUSIONES

Se delimitó la microcuenca del río Caplina a través del software ArcGis utilizando las coordenadas WGS 1984 UTM Zone 19S para obtener una delimitación exacta de la microcuenca con una área de 319,81 Km² indica que la microcuenca es clasificada como Pequeña-Intermedia, la pendiente promedio de 13% indica que la cuenca presenta una pendiente accidentada.

Los impactos ambientales por el cambio de uso de suelo se ven reflejado en la forma de la curva hipsométrica, que indica que la microcuenca está en fase de vejez. Se determinó la tendencia entre la cobertura vegetal en la microcuenca del río Caplina mediante los softwares ArcGIS y ENVI usando las imágenes satelitales Landsat 5 y Landsat 7 entre los años de 1996 al 2018. Los resultados obtenidos a través del software ArcGIS presentan una diferencia mínima a los resultados que se obtuvieron en ENVI, debido a que este último software al tener mayor efecto de distorsión por el sombreado. Ambos software indican una disminución de la cobertura vegetal a partir del año 2014 debido a las actividades antrópicas que se realizan en los alrededores de la microcuenca como la extracción de material rocoso, construcción de viviendas y disposición de residuos sólidos en el borde de la microcuenca.

Se identificó y determinó los impactos ambientales a través del análisis del uso del suelo y las acciones antropogénicas, las cuales afectaron la flora fauna y suelo de la microcuenca.

RECOMENDACIONES

Realizar con más frecuencia estudios multitemporales para tener un registro continuo del cambio de la microcuenca.

Promover acciones de conservación de la microcuenca con la participación de los habitantes cercanos a dicho cuerpo de agua.

Considerar la zona de estudio como un área de conservación y protección debido a la gran diversidad de flora y fauna que posee la microcuenca.

Fomentar la investigación presentada a los gobiernos locales para llevar a cabo el presente Plan de Manejo Ambiental para conservar la microcuenca.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguayo, A., Pauchard, A., Azócar, G. y Parra, O. (2009). Cambio del uso del suelo en el centro sur de Chile a fines del siglo XX. Entendiendo la dinámica espacial y temporal del paisaje. *Historia natural*, (82), 361-374.
- Aguirre Núñez, M. (2011). *La cuenca hidrográfica en la gestión integrada de los recursos hídricos*. Revista Virtual.
- Amézquita Becerra, G., & Pérez Castillo, J. N. (2009). *Servicio Grid para la clasificación no supervisada de imágenes satelitales utilizando autómatas celulares*.
- Bosque, S. 2000. *Sistemas de Información Geográfica*, segunda edición, Madrid 450 pág.
- Castellanos-M, César A, Chamarravi, Nydia, Castañeda, Eduardo, Galvis, Fabián, & Cepeda, Elizabeth. (2011). Variación espacio-temporal de la cobertura vegetal en la microcuenca el Llanito, Santander, Colombia. *Boletín Científico. Centro de Museos. Museo de Historia Natural*, 15 (2), 60-68. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-30682011000200004&lng=en&tlng=es.
- Chuvienco, E. (1996). *Fundamentos de la Teledetección*. Madrid.
- Coria, I. D. (2008). *El estudio de impacto ambiental: Características metodológicas*. Rosario.
- de Tunjuelito, A. (2009). *Guía técnica para la elaboración de Planes de Manejo Ambiental (PMA)*. Bogotá DC.
- Dominguez Bravo, J. (2000). *Breve introducción a la cartografía ya los sistemas de información geográfica (SIG)*. Ciemat.
- Espinoza, G. (2001). *Fundamentos de evaluación de impacto ambiental*. Santiago: Banco Interamericano De Desarrollo–Bid. Centro De Estudios Para El Desarrollo–Ced Santiago–Chile.
- Fernández Cirelli, A. (2012). *El agua: un recurso esencial*.
- Fernández Morales, I. G. (2018). *Caracterización de uso de suelo mediante imágenes Landsat en el estado de Queretano*.

- Galván Fernández, A., & Guadarrama Brito, M. (2018). *Cambio de uso del suelo: los procesos de urbanización en el valle de México y su relación con el cambio climático*.
- Garmendia Salvador, A., Salvador Alcaide, A., Crespo Sánchez, C., & Garmendia Salvador, L. (2005). *Evaluación de Impacto Ambiental*. Madrid.
- Garrido Pérez, A., Cuevas, M., Cotler, H., Gonzales, D., & Tharme, R. (2020). *Evaluación del grado de alteración ecohidrológica de los ríos y corrientes superficiales de México*.
- Gonzaga A. (2014). Aplicación de índices de vegetación derivados de imágenes satelitales Landsat 7 ETM+ y ASTER para la caracterización de la cobertura vegetal en la zona centro de la provincia de Loja, Ecuador. <https://doi.org/10.35537/10915/34487>
- Hasan, J. (2013). *Jardines Verticales*. Taiwan.
- Henríquez, C., & Azócar G. (2006). *Cambio de uso del suelo y escorrentía superficial: aplicación de un modelo de simulación espacial en Los Ángeles VII Región del Biobío*. Santiago.
- IBAL S.A. (2009). *Plan de Ordenación y Manejo Ambiental de la Microcuenca de las Quebradas Las Panelas y La Balsa*.
- Mamani Cruz, S. J., & Servan Chasquivol, L. N. (2017). *Evaluación multitemporal de la deforestación en el distrito de molinopampa, provincia de chachapoyas, departamento Amazonas.2015*. Chachapollas .
- Mojica, I. H. (1975). *Mejoramiento y Mantenimiento de cuencas hidrográficas*. Tegucigalpa.
- Moreno, A. y Renner, I. (2007). *Gestión Integral de Cuencas. La experiencia del proyecto Regional Cuencas Andinas*. Lima, Perú: CIP
- Peña Cortés, F., Escalona Ulloa, M., Pincheira Ulbrich, J., & Rebolledo G. (2011). *Cambio del uso del suelo en los geosistemas de la cuenca costera del río Boroa (Chile) entre 1994 y 2004*.
- Pérez, J. I. (2013). *Análisis del cambio de uso del suelo en una región del río del Altiplano Mexicano*.

- Rodríguez Minaya, Y. E. (2018). *Determinación de las relaciones entre los parámetros geomorfológicos de las subcuencas de la cuenca marañón mediante Gis, 2016.* <http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/2899>
- Ruberto, A. (2006). *Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental.* Madrid.
- Sánchez Vélez, A., García Nuñez Rosa, & Palma Trujillano, A. (2003). *La cuenca hidrográfica: unidad básica de planeación y manejo de recursos naturales.*
- Santos Mamani, I., & Coaquira Ticona, E. (2020). *Modelo hidráulico para delimitación de faja marginal río caplica sector río seco, distrito G. Albarración L. - Tacna - 2020".* Tacna.
- Sotelo Salas, F. P. (2019). *Análisis de vulnerabilidad de riesgo por cambio climático en la cuenca Caplina-Tacna.* <https://repositorio.upt.edu.pe/handle/20.500.12969/1301>
- Strahler, A. (1952). *Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topology. Geological Society of America Bulletin.*
- Van Konijnenburg, A. (2006). *Agricultura orgánica, El suelo: sus componentes físicos.*
- Vélez, S., Núñez, A. S. G., María, R., & Trujano, P. (2003). *La cuenca hidrográfica: unidad básica de planeación y manejo de recursos naturales/por Alejandro S. Sánchez Vélez, Rosa María García Núñez y Adolfo Palma Trujano (No. FOLLETO 3519.).* Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:GKOYCsC27Q0J:centro.paot.org.mx/documentos/semarnat/cuenca_hidrografica.pdf+&cd=1&hl=es-419&ct=clnk&gl=pe
- Verd, J. (2000). *Recurso para las CTMA: La matriz de Leopold, un instrumento para analizar noticias de prensa de temática ambiental.*
- Vilcanqui Alarcón, A. N. (2021). *Alteración geomorfológica en relación a las acciones antrópicas en el cauce del río Caplina, Tacna, Perú.* <http://tesis.unjbg.edu.pe/handle/UNJBG/4367>

ANEXO 1
IMÁGENES DEL ÁREA DE ESTUDIO

Foto 1: Panorámica N1 de la microcuenca del río Caplina



Foto 2: Panorámica N2 de la microcuenca del río Caplina



Foto 3: Panorámica N3 de la microcuenca del río Caplina



Foto 4: Panorámica N4 de la microcuenca del río Caplina



Foto 5: Panorámica N1 Viviendas aledañas a la microcuenca del río Caplina



Foto 6: Panorámica N2 Viviendas aledañas a la microcuenca del río Caplina



Foto 7: Panorámica N1 Construcción dentro de la microcuenca del río Caplina



Foto 8: Panorámica N2 Construcción dentro de la microcuenca del río Caplina



ANEXO 2

MATRIZ DE CONSISTENCIA

Título	IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES POR USO DE SUELO, REALIZANDO UNA SIMULACIÓN MULTITEMPORAL, PARA ESTABLECER UN PLAN DE MANEJO AMBIENTAL EN LA MICROCUENCA DEL RÍO CAPLINA-TACNA					
Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	Variables	Dimensión	Indicador	Metodología
¿Tendrá relación los impactos causados por el uso de suelo en la calidad ambiental de la microcuenca del río Caplina?	Determinar los impactos causados por el uso de suelo en la calidad ambiental en la microcuenca del río Caplina-Tacna	H0: Existe relación entre los impactos causados por el uso de suelo en la calidad ambiental de la microcuenca del río Caplina	Variable Dependiente: Uso del suelo Impactos producidos	Microcuenca del río Caplina - Tacna	<ul style="list-style-type: none"> Índice de vegetación. Cobertura Vegetal 	Sistema de Información Geográfica (SIG) Matriz de Leopold Mapas temáticos
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicas	Variable Independiente: Cobertura vegetal Tipo de suelos Parámetros morfométricos		Indicador	<ul style="list-style-type: none"> Alteración de la cobertura vegetal. Alteración del caudal de la microcuenca.
¿Los parámetros morfométricos de la microcuenca del río Caplina – Tacna, nos servirán para determinar sus propiedades físicas?	Realizar un análisis de los parámetros morfométricos de la microcuenca, haciendo uso de un sistema de información geográfico.	H1: Los parámetros morfométricos de la microcuenca, nos servirán para determinar sus propiedades físicas				
¿Existe una relación entre el uso de suelo y la cobertura vegetal de la microcuenca del río Caplina - Tacna?	Determinar el uso de suelo de la microcuenca, utilizando el algoritmo de NDVI	H2: Existirá una relación entre el uso de suelo y la cobertura vegetal de la microcuenca del río Caplina.				
¿La matriz de Leopold nos servirá para analizar cuáles son los impactos ambientales en la microcuenca del río Caplina - Tacna?	Aplicar la matriz de Leopold, para evaluar los impactos ambientales que genera el uso de suelo en la microcuenca del río Caplina	H3: La matriz de Leopold, nos servirá para evaluar los impactos ambientales.				
¿Cómo se podrá dar solución o mitigar los impactos ambientales producidos por el cambio de uso de suelo?	Formular un plan de manejo ambiental para dar solución o mitigar los impactos producidos en la microcuenca del río Caplina-Tacna	H4: Se podrá dar solución o mitigar los impactos ambientales				

		producidos por el cambio de uso de suelo				
--	--	---	--	--	--	--