

Handwritten signature

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL Y
AMBIENTAL**



Handwritten signature

**CAPACIDAD DE USO ACTUAL DEL SUELO EN LA
MICROCUENCA TUMBILLÁN, PROVINCIA DE JAÉN,
2019.**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO FORESTAL Y AMBIENTAL**

Autor: Juan Carlos Chasquero Martinez

Asesor: Dr. Segundo Sánchez Tello

JAÉN – PERÚ, ENERO, 2021

Handwritten signature



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

Ley de Creación N° 29304

Universidad Licenciada con Resolución del Consejo Directivo N° 002-2018-
SUNEDU/CD

Activar Windows
Ve a Configuración para

FORMATO 03: ACTA DE SUSTENTACIÓN

En la ciudad de Jaén, el día 27 de enero del año 2021; siendo las 17:00 horas, se reunieron mediante el aplicativo de videoconferencias Google Meet (Enlace: <https://meet.google.com/sew-jxxi-uvu>) los **miembros del Jurado Evaluador:**

Nombre	Cargo
Mg. Candy Lisbeth Ocaña Zúñiga	Presidenta
Mg. Joseph Campos Ruiz	Secretario
M.Sc. Christiaan Zayed Apaza Panca	Vocal

Para **evaluar la Sustentación del Informe Final de:**

- () Trabajo de Investigación
(**X**) Tesis
() Trabajo de Suficiencia Profesional

Titulado: ***"CAPACIDAD DE USO ACTUAL DEL SUELO EN LA MICROCUENCA TUMBILLÁN, PROVINCIA DE JAÉN, 2019"***, cuyo autor es el estudiante Bachiller Juan Carlos Chasquero Martinez de la Carrera Profesional de Ingeniería Forestal y Ambiental

Después de la sustentación y defensa, **el Jurado Evaluador acuerda:**

(**X**) Aprobar () Desaprobar (**X**) Unanimidad () Mayoría

Con la siguiente mención:

Excelente	18, 19, 20	()
Muy bueno	16, 17	()
Bueno	14, 15	(15)
Regular	13	()
Desaprobado	12 ó menos	()

Siendo las 18:20 horas del mismo día, el Jurado Evaluador concluye el acto de sustentación confirmando su participación con la suscripción de la presente.

Mg. Candy Lisbeth Ocaña Zúñiga
Presidente Jurado Evaluador

Msc. Joseph Campos Ruiz
Secretario(a) Jurado Evaluador

M.Sc. Christiaan Zayed Apaza Panca
Vocal Jurado Evaluador

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS	5
ÍNDICE DE FIGURAS	6
ÍNDICE DE ANEXOS	7
RESUMEN	8
ABSTRACT	9
I. INTRODUCCIÓN	10
II. OBJETIVOS	12
2.1. Objetivo general	12
2.2. Objetivos específicos	12
III. MATERIAL Y MÉTODOS	12
3.1 Materiales	12
3.1.1. Muestreo	12
3.1.2. Material cartográfico digital	12
3.1.3. Material satelital	12
3.1.4. Equipo y software	13
3.1.5. Material de escritorio	13
3.1.6. Fuentes de Información	13
3.1.7. Programas	14
3.2 Metodología	15
3.2.1. Ubicación del área de estudio	16
3.2.2. Descarga de información espacial	16
3.2.3. Delimitación de la microcuenca Tumbillán	17
3.2.4. Clasificación de la microcuenca en sus tres partes	24
3.2.5. Digitalización de áreas mediante SIG	25
3.2.6. Cuantificación de áreas digitalizadas	26
3.2.7. Verificación del uso actual del suelo in situ	26
3.2.8. Elaboración de mapas temáticos	27
a. Elaboración del mapa final de la capacidad de uso actual del suelo de la microcuenca Tumbillán	27
b. Criterios para la delimitación manual del uso actual del suelo.	27
c. Mapa de hidrografía	28
d. Mapa de relieve	28
e. Mapa de CUMT	28

IV. RESULTADOS	29
4.1. Identificación del Uso Actual del Suelo.....	29
4.1.1. Tejido Urbano Discontinuo	30
4.1.2. Red Vial	31
4.1.3. Cultivos Transitorios	31
4.1.4. Mosaico de pastos y cultivos.....	32
4.1.5. Bosque natural.....	33
4.1.6. Vegetación arbustiva/Herbácea	35
4.1.7. Tierras desnudas.....	36
4.2. Parámetros de la microcuenca.....	37
4.2.1. Datos Generales.....	37
4.2.2. Partes de la microcuenca	37
4.2.3. Parámetros geomorfológicos.....	38
4.2.4. Curva Hipsométrica de la microcuenca.....	39
4.3. Propuestas para un adecuado Uso del Suelo.	40
V. DISCUSIÓN	42
VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	43
6.1. Conclusiones	43
6.2. Recomendaciones.....	44
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	45
AGRADECIMIENTO.....	46
DEDICATORIA	47
ANEXOS.....	47

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Programas Utilizados.	14
Tabla 2. Formato de tabla utilizada en la verificación en campo	26
Tabla 3. Cálculo en has del Uso Actual del Suelo en la microcuenca	29
Tabla 4. Datos Generales de la Microcuenca	37
Tabla 5. Partes de la microcuenca Tumbillán	37
Tabla 6. Parámetros Geomorfológicos de la Microcuenca Tumbillán.....	38
Tabla 7. Áreas parciales para la elaboración de la curva hipsométrica.....	39



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Flujograma Metodológico	15
Figura 2. Procesamiento en la herramienta “Fill”	17
Figura 3. Procesamiento en la herramienta “Dirección de flujo”	18
Figura 4. Procesamiento con la herramienta “Acumulación de flujo”	18
Figura 5. Creación de un punto de salida	19
Figura 6. Herramienta “Watershed”	20
Figura 7. Conversión de Raster a Polígono	20
Figura 8. Herramienta “Clip” para recortar la red hídrica	21
Figura 9. Determinación de parámetros cuantitativos básicos	22
Figura 10. Reclasificación de áreas	23
Figura 11. Áreas parciales de la Microcuenca Tumbillán	23
Figura 12. Clasificación de la microcuenca en parte alta, media y baja.....	24
Figura 13. Reclasificación de Raster a Polígono para las partes de la microcuenca.....	25
Figura 14. Cuantificación de espacios digitalizados en ArcGis	26
Figura 15. Distribución de áreas de uso actual del suelo.....	30
Figura 16. Tejido Urbano discontinuo, Localidad “El Arenal”.....	31
Figura 17. Cultivos de arroz en márgenes de la Quebrada Tumbillán, parte baja de la microcuenca.....	32
Figura 18. Mosaico de cultivos y pastos en la parte media de la microcuenca.	33
Figura 19. Bosque natural y Purmas en la parte media de la microcuenca.	34
Figura 20. Tangara (Tangara cyanicollis) en la microcuenca Tumbillán.....	35
Figura 21. Vegetación Herbácea/Arbustiva en la parte baja de la microcuenca	36
Figura 22. Curva Hipsométrica de la microcuenca Tumbillán.....	39



ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Mapa de Ubicación del área de estudio	47
Anexo 2. Tabla de Propiedades de la Imagen satelital de Google Earth.....	48
Anexo 3. Clasificación Corine Land Cover adaptada a la microcuenca Tumbillán.....	49
Anexo 4. Propiedades para la descarga de la imagen satelital, Configuración de resolución y satélite.....	51
Anexo 5. Configuración de tipo de imagen, proyección y resolución	51
Anexo 6. Configuración de resolución y satélite.....	52
Anexo 7. Configuración para cantidad de Zoom.....	52
Anexo 8. Interfaz del programa SASPlanet.....	53
Anexo 9. Portal de descarga de las cartas geográficas nacionales.	53
Anexo 10. Portal de descarga de los modelos de elevación digital (DEM).	54
Anexo 11. Portal de descarga de la Zonificación ecológica y económica de Cajamarca....	54
Anexo 12. Descarga de la imagen satelital desde SASPlanet.	55
Anexo 13. Mapa de Relieve de la Microcuenca Tumbillán	56
Anexo 14. Mapa de Centros poblados del ámbito de la Microcuenca Tumbillán.....	56
Anexo 15. Mapa de Uso Actual del Suelo para el año 2020	57
Anexo 16. Mapa de Uso Actual del Suelo según la ZEE Cajamarca.....	58
Anexo 17. Mapa de Capacidad de Uso Mayor según ZEE Cajamarca	59
Anexo 18. Mapa de las partes de la microcuenca Tumbillán.....	60
Anexo 19. Mapa de vías de acceso.....	61
Anexo 20. Mapa de puntos de verificación en campo.....	62
Anexo 21. Materiales (GPS y Plano de la microcuenca) para la verificación in situ.....	64
Anexo 22. Visita conjunta del tesista y el asesor a la microcuenca Tumbillán.....	64
Anexo 23. Vías carrosables de acceso hacia el interior de la microcuenca.....	65
Anexo 24. Vegetación herbácea - arbustiva en la parte media de la microcuenca.....	65
Anexo 25 Avifauna de la microcuenca Tumbillán.....	66
Anexo 26. Caudal de la Quebrada Tumbillán en la parte alta de la microcuenca.....	66
Anexo 27. Verificación y Comprobación del Uso Actual del Suelo en Campo.	67



RESUMEN

El presente proyecto de investigación se realizó en la provincia de Jaén, específicamente en la microcuenca Tumbillán, teniendo como finalidad producir información con respecto al uso actual del suelo de dicha microcuenca para el año 2020. Se empleó el software ArcGIS Pro como una herramienta fundamental para el procesamiento de información geográfica y espacial; además, programas como: Google Earth, SASPlanet y MapSource como herramientas importantes para conseguir los objetivos propuestos. El método que se utilizó fue la delimitación manual de espacios con propiedades homogéneas y heterogéneas según sea el caso, mediante la fotointerpretación teniendo como referencia la leyenda de la clasificación Corine Land Cover hasta el nivel III que fue tomada por el MINAM para el Perú, en este caso se adaptó para los fines convenientes de la microcuenca Tumbillán, la misma que abarca una extensión de 3689.3 has. Para el año 2020 se encontraron siete usos diferentes de suelo que son: mosaico de pastos y cultivos (48.83%), vegetación arbustiva herbácea (26.23%), bosque (17.38%), cultivos transitorios (3.89%), tierras desnudas (2.55%), tejido urbano discontinuo (1.1%) y red vial (0.02%). Con lo que llegamos a la conclusión que la capacidad de uso actual de la quebrada Tumbillán en mayores porcentajes es para el mosaico de pastos y cultivos con un 48.83 %, seguido de vegetación arbustiva herbácea con el 26,23 % del total del territorio de la microcuenca. Además recomendamos abordar planes de erradicar los monocultivos y complementarlos mediante sistemas agroforestales, concientizar a la sociedad de la protección de nuestros ecosistemas para la producción hídrica, y la intervención del municipio a través de políticas ambientales eficaces con el fin de evitar el deterioro de los recursos naturales.

Palabras Clave: Uso del Suelo, Delimitación manual, fotointerpretación, microcuenca.



ABSTRACT

The present research project was carried out in the province of Jaén, specifically in the Tumbillán micro-basin, with the purpose of producing information regarding the current use of the soil of said micro-basin for the year 2020. ArcGIS Pro software was used as a fundamental tool for the geographic and spatial information processing, as well as programs such as Google Earth, SASPlanet and MapSource as important tools to achieve the proposed objectives. The method used was the manual delimitation of spaces with homogeneous and heterogeneous properties as the case may be by means of photointerpretation taking as reference the legend of the Corine Land Cover classification up to level III that was taken by MINAM for Peru, in this The case was adapted for the convenient purposes of the Tumbillán micro-basin, which covers an extension of 3689.3 ha. By 2020, seven different land uses were found, which are: mosaic of pastures and crops (48.83%), herbaceous shrub vegetation (26.23%), forest (17.38%), transitory crops (3.89%), bare lands (2.55%), discontinuous urban fabric (1.1%) and road network (0.02%). With which we conclude that the current use capacity of the Tumbillán gorge in higher percentages is for the mosaic of pastures and crops with 48.83%, followed by herbaceous shrub vegetation with 26.23% of the total territory of the micro basin. We also recommend addressing plans to eradicate monocultures and complement them through agroforestry systems, raise awareness in society of the protection of our ecosystems for water production, and the intervention of the municipality through effective environmental policies in order to avoid the deterioration of resources natural.

Key Words: Land Use, Manual delimitation, photointerpretation, micro basin.



I. INTRODUCCIÓN

Uso Actual de la Tierra, se expresa mediante la descripción de las diferentes formas de cobertura vegetal y de Usos de la Tierra; la finalidad es de dar a conocer los diferentes tipos de uso en una época determinada y la forma como se ha desarrollado la utilización de sus recursos, sin tomar en consideración su potencial o uso futuro; es decir, permite conocer la utilización efectiva de que es objeto el territorio en sus distintas unidades de paisaje y la forma como se ha desarrollado el aprovechamiento de los recursos naturales suelo, agua, vegetación (Alcántara, 2011).

La subcuenca de la Quebrada Jaén en los últimos años ha sido intervenida aceleradamente por actividad antrópica, causándole impactos severos en la producción de servicios ecosistémicos como: la producción hídrica, protección de suelos, captura de carbono, etc. que esta genera a la sociedad y al medio ambiente. Dentro de la subcuenca de la quebrada Jaén se encuentra la microcuenca Tumbillán que actualmente está en las mismas condiciones, lo cual ha conllevado directamente al desarrollo del presente proyecto.

La subcuenca de la Quebrada Jaén está constituida por la divisoria de aguas; tiene una superficie de aproximadamente 42,900 ha. Presenta un clima tropical y además una temperatura media anual de 25.5 °C, la precipitación media anual es 900 mm. En su superficie está compuesto bosques secos y de neblina; con alta biodiversidad que cumplen vital importancia en el mantenimiento cíclico del agua que sustentan la captura, almacenamiento y nacientes de arroyos que al juntarse conforman la Quebrada Jaén (Municipalidad Provincial de Jaén, 2012).

La migración de personas, entre ellos agricultores en áreas frágiles de la parte alta de la Subcuenca, ha provocado graves impactos negativos al ecosistema, peligrando la producción hídrica para la vida de la Cuenca y otros servicios que esta produce (MPJ, 2012).

El uso de tierra está caracterizado por los arreglos, actividades e insumos que el hombre emprende en un cierto tipo de cobertura de la tierra para producir, cambiarla o mantenerla. Esta definición establece un enlace directo entre la cobertura de la tierra y las acciones del hombre en su medio ambiente (Di Gregorio, 2005).

En el presente proyecto de investigación se propuso como objetivo fundamental determinar la capacidad del Uso Actual del Suelo para la microcuenca Tumbillán para lo cual se empleó



el método de la fotointerpretación y la delimitación manual, posteriormente se procedió a cuantificar la información en programas como ArcGIS Pro y Microsoft Excel. Además con los resultados obtenidos se realizaron comparaciones con estudios realizados anteriormente en la subcuenca de la Quebrada Jaén.

Mediante el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG), que en la actualidad se han convertido en una herramienta esencial para el procesamiento y la generación de información cartográfica, es que se ejecutó esta investigación con más facilidad, además de otros programas como MapSource y SASPlanet para un mejor desempeño de los investigadores en gabinete y en campo.

Resulta importante realizar este proyecto de investigación por que nos permitirá tomar decisiones basadas en resultados verídicos, con la finalidad de proteger y conservar los ecosistemas existentes en este ámbito de la microcuenca estudiada.



II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

- Caracterizar la Capacidad de Uso Actual del Suelo en la microcuenca Tumbillán.

2.2. Objetivos específicos

- Contrastar el Uso Actual del Suelo de la microcuenca Tumbillán, con el mapa de Capacidad de Uso Mayor de la Zonificación Ecológica y Económica de la región Cajamarca.
- Determinar los parámetros geomorfológicos de la microcuenca Tumbillán empleando Sistemas de Información Geográfica.
- Elaborar un modelo (mapa) de la capacidad de uso actual del suelo en la Microcuenca Tumbillán.

III. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1 Materiales

3.1.1. Muestreo

Mediante los Sistemas de Información Geográfica (SIG), en este proyecto de tesis se identificó mediante una imagen satelital de Google Earth en alta resolución la Capacidad de Uso Actual del Suelo que existe en la microcuenca Tumbillán. Para ello se utilizó el software ArcGis Pro mediante un proceso de fotointerpretación y digitalización manual de áreas con herramientas que este posee. También usaremos este software para delimitar la microcuenca y los parámetros que se utilizarán en adelante. Finalmente con toda la información generada en gabinete y corroborada con las salidas a campo se elaborará un mapa final y seguidamente una memoria descriptiva correspondiente.

3.1.2. Material cartográfico digital

- Cartas geográficas nacionales de la provincia de Jaén (hoja 12f).

3.1.3. Material satelital

- Modelos de Elevación Digital (DEM) Capa S06W79.
- Imagen satelital de Google Earth con resolución espacial 30cm, año 2020.

3.1.4. Equipo y software

- Laptop ToshibaTM Core i5, 04 GB de memoria RAM.
- ArcGis Pro[®]
- Windows 10
- Office 2016.
- Sistema de Posicionamiento Global (GPS) Garmin Montana 680.
- Cámara fotográfica NIKON Zoom 64x.

3.1.5. Material de escritorio

- Libreta de apuntes.
- Lapiceros.

3.1.6. Fuentes de Información

Primaria: Comprende la información obtenida en campo, lo que abarca principalmente los Usos del Suelo que se verificaron *in situ*, las fotografías que se tomaron durante la salida a campo, Coordenadas tomadas con el GPS que sirvieron para elaborar el mapa de vías de acceso.

Secundaria: Comprende la información que se obtuvo de las distintas plataformas web, como son: Pagina web del Gobierno Regional Cajamarca, de donde se obtuvo la Zonificación Económica y Ecológica de la Región Cajamarca. Las cartas Nacionales correspondientes a la hoja 12f, fueron obtenidas del ESCALE MINEDU. La Imagen Satelital fue descargada desde Google Earth empleando el *software* SASPlanet.

3.1.7. Programas

Tabla 1. Programas Utilizados.

SOFTWARE	DESCRIPCIÓN
ArcGis Pro®	Software que permite recopilar, organizar, administrar, analizar, compartir y distribuir información geográfica, es utilizado por personas para poner el conocimiento geográfico al servicio de la población. El sistema permite visualizar, analizar y presentar información extraída de imágenes satelitales. (ESRI, 2019). La razón por la que se utilizó este software para este proyecto fue la licencia libre que está brindando durante todo el 2020.
SASPlanet	Software con la capacidad de descargar imágenes de múltiples resoluciones de Google Earth, Nokia, Yandex, etc.
MapSource	Software de la empresa GARMIN, permite la edición y pre visualización de información vectorial y en formato .gpx.
Google Earth	En la actualidad nos permite realizar descargas de imágenes satelitales en versiones gratuitas. Mejora aún más la resolución de las imágenes, incluye soporte telefónico, importación de sistemas de información geográfica (Google, 2019).

Fuente: Elaboración propia



3.2 Metodología

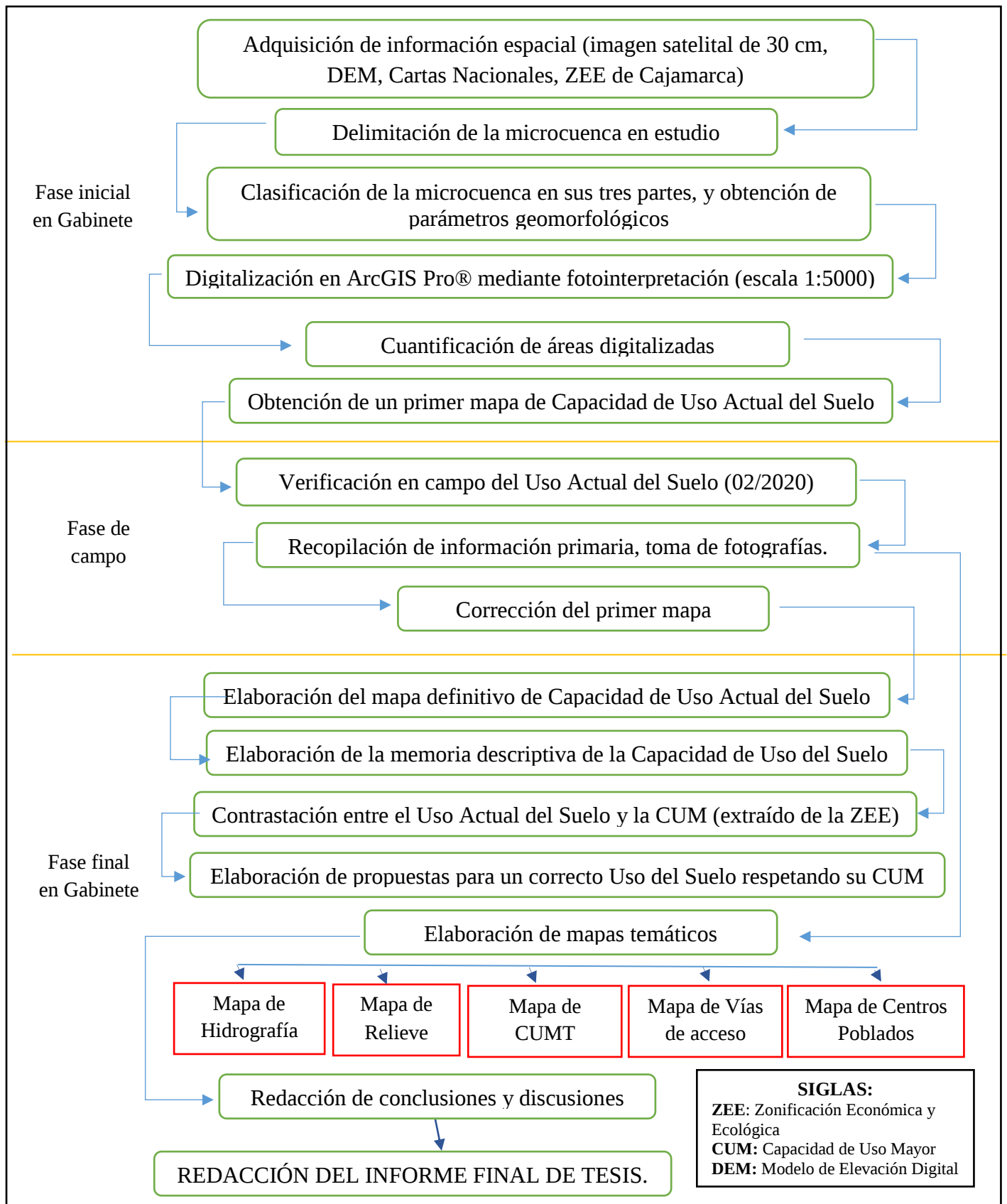


Figura 1. Flujograma Metodológico

Fuente: Elaboración propia

3.2.1. Ubicación del área de estudio.

La microcuenca de la quebrada Tumbillán se encuentra ubicada dentro de la provincia de Jaén y abarca parte de los distritos de Jaén y Las Pirias.

Hidrográficamente esta microcuenca pertenece a la subcuenca de la Quebrada Jaén que a su vez integra la intercuenca Alto Marañón III. La quebrada Tumbillán es un importante tributario de la Quebrada Jaén que se une a ella en la parte baja de esta subcuenca, específicamente en la localidad “Yanuyacu”, en donde se utiliza para la irrigación de cientos de hectáreas de cultivos agrícolas.

Sus límites son los siguientes: por el norte con el distrito de la Pirias, por el sur y oeste limita con el distrito de Jaén y por el este con el distrito de Jaén y Bellavista. Sus coordenadas UTM son Este: 739223 y Norte: 9373100. Ver Anexo 01.

3.2.2. Descarga de información espacial

De la página web del Ministerio de Educación (MINEDU), sección Escala MINEDU se descargaron las cartas nacionales pertenecientes a la provincia de Jaén de forma gratuita.

De la página web del GEOSERVIDOR del Ministerio del Ambiente (MINAM) se descargaron gratuitamente los Modelos de Elevación Digital (DEM) con los que se realizó la delimitación de la microcuenca y la elaboración de curvas a nivel.

De la página web del portal del Gobierno Regional de Cajamarca (GRC), sección Mapoteca virtual se descargaron los Shapefiles de la Capacidad de Uso Mayor de Tierras y el Uso Actual del Suelo, estudios que se realizaron durante el proceso de Zonificación Ecológica y Económica de la Región Cajamarca, el cual se utilizó para contrastarlo con la presente investigación en el ámbito geográfico pertinente. De esta misma página se descargaron los límites distritales, provinciales así como los caseríos y Centros Poblados de la Región.

Con el programa SASPlanet y con acceso a internet de alta velocidad se procedió a descargar una imagen satelital de Google Earth que cubrió el ámbito de la microcuenca, esta imagen satelital presenta las siguientes características:



3.2.3. Delimitación de la microcuenca Tumbillán

Mediante la herramienta “Hydrology” del software ArcGIS Pro, y con el Modelo de Elevación Digital (DEM) ya obtenido, se delimitó la microcuenca Tumbillán a partir de su desembocadura en la quebrada Jaén siguiendo los siguientes pasos:

- a. **Herramienta Fill:** esta herramienta se encuentra en la caja de “Spatial Analyst Tools”, sub carpeta “Hydrology” y nos sirve para procesar y corregir el DEM que cubre la microcuenca.

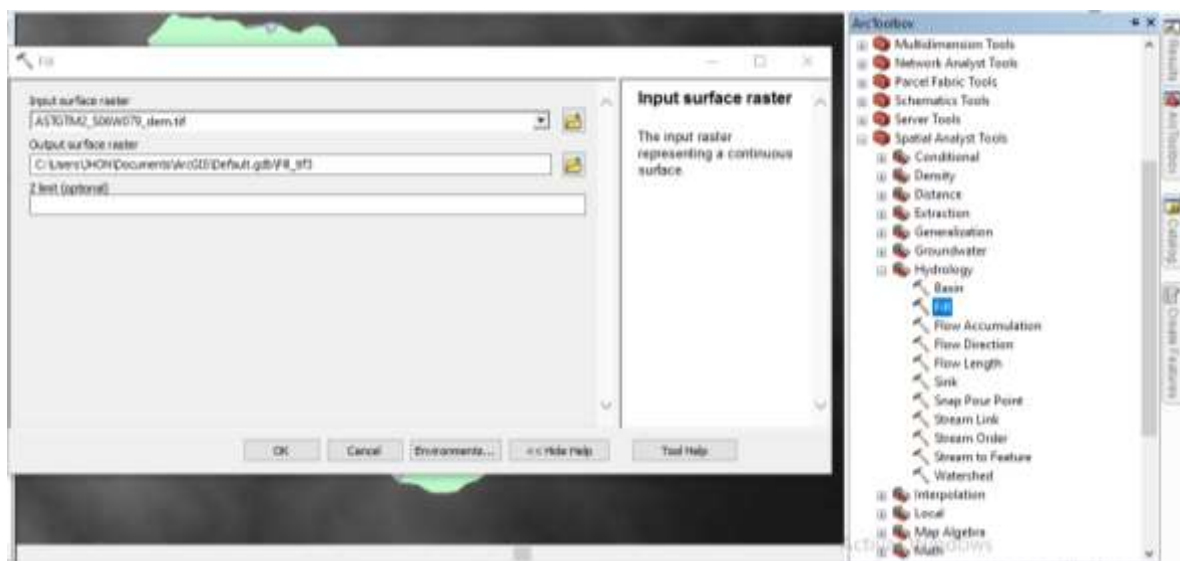


Figura 2. Procesamiento en la herramienta “Fill”

- b. **Dirección de flujo:** esta herramienta se encuentra en la caja de “Spatial Analyst Tools”, sub carpeta “Hydrology” en donde como superficie de Raster se insertó el DEM procesado y corregido en el paso anterior.

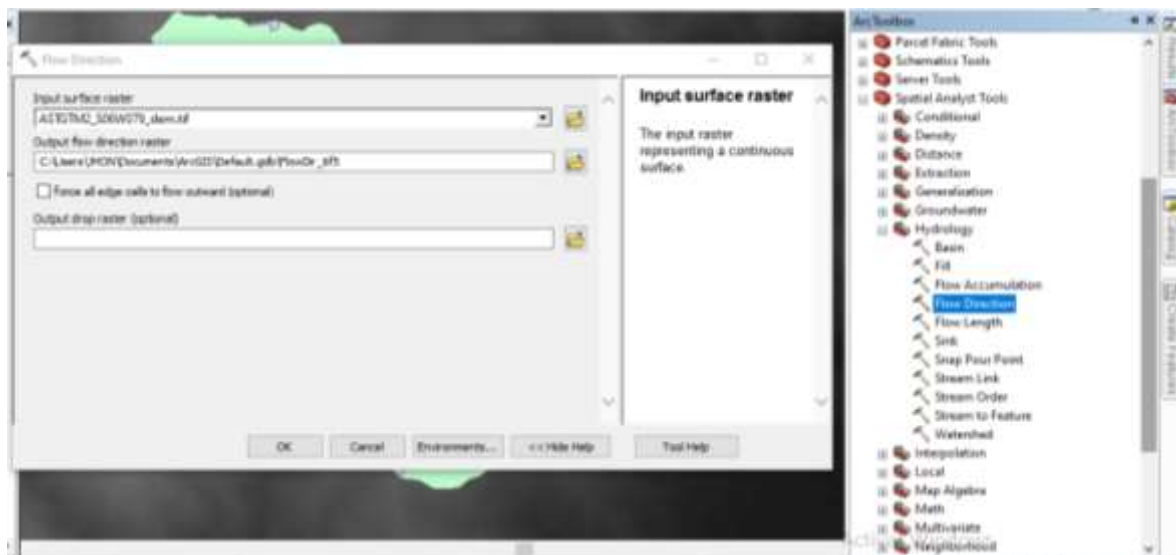


Figura 3. Procesamiento en la herramienta “Dirección de flujo”

- c. **Acumulación de flujo:** Mediante esta herramienta se obtuvo el modelo Raster sobre la acumulación de flujo del DEM procesado. Para eso se seleccionó esta herramienta y se insertó el Raster de acumulación de flujo obtenido en el paso anterior, en la segunda ventana se seleccionó una salida o carpeta donde se guardó la información obtenida.

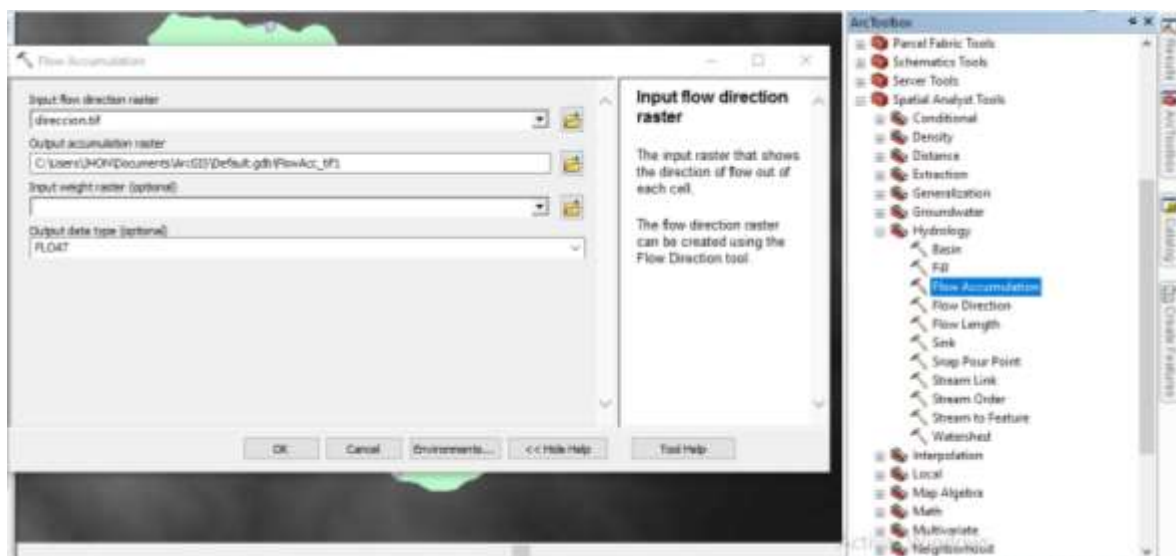


Figura 4. Procesamiento con la herramienta “Acumulación de flujo”

- d. **Creación de un punto geográfico de salida:** Primeramente se cotejó la red hídrica general proyectando los ríos de la hoja 12 f, y etiquetando con los nombres correspondientes, seguido se identificó el lugar donde se une la quebrada Tumbillán hacia la Quebrada Jaén y con la herramienta crear nuevo Shapefile se procedió a crear el punto de salida de la cuenca justo sobre un cuadrante de la acumulación de flujo y además se proyectó en la zona 17S.

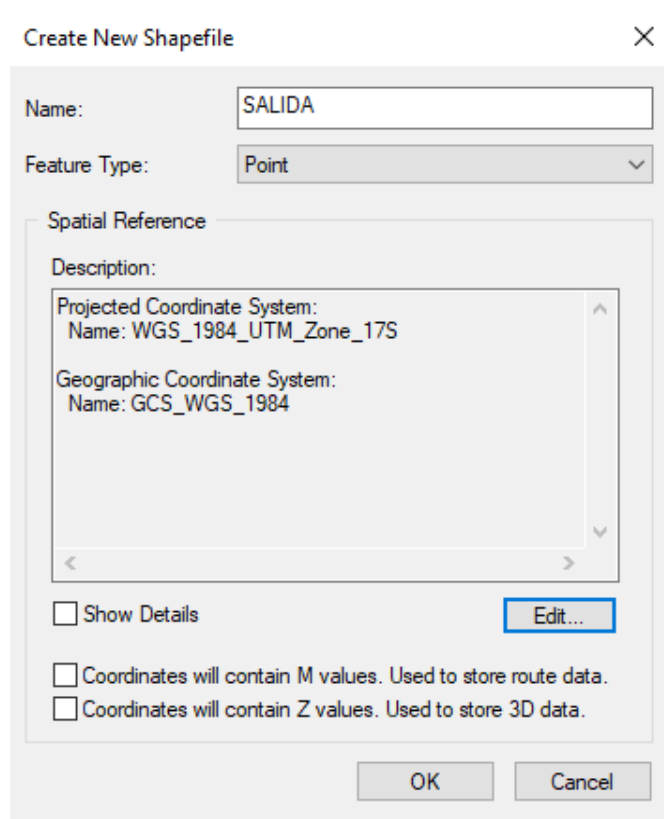


Figura 5. Creación de un punto de salida

- e. **Herramienta Watershed:** Mediante esta herramienta se procedió a delimitar la forma final de la microcuenca utilizando la dirección de flujo y un punto de salida. Como resultado de este proceso se obtuvo ya la forma final de la microcuenca pero en formato Raster.

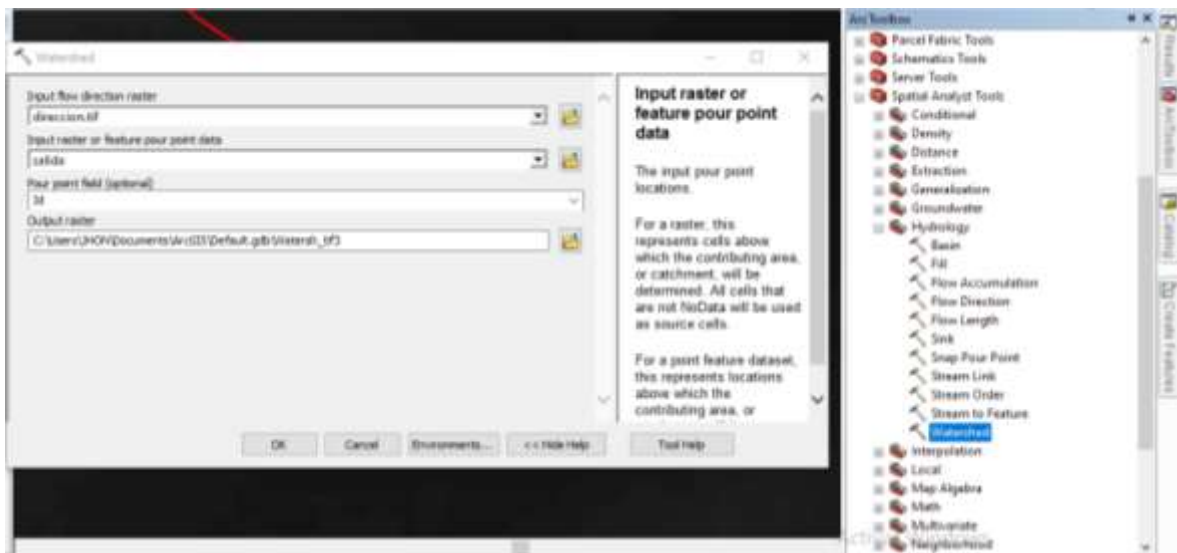


Figura 6. Herramienta “Watershed”

- f. **Conversión a polígono:** Dentro de la caja “Conversion Tools” en la carpeta “From Raster”, se seleccionó convertir de Raster a polígono, en la primera ventana se insertó el Raster de la cuenca obtenido en el paso anterior y se le dará como salida a la carpeta donde se guarda toda la información obtenida.

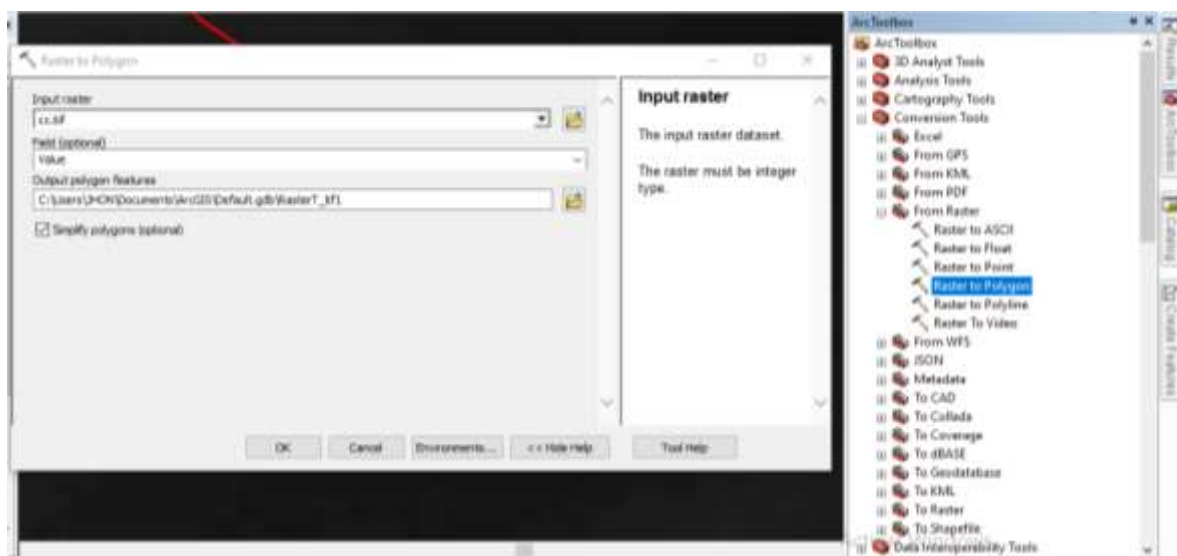


Figura 7. Conversión de Raster a Polígono

- g. **Red hídrica:** el recorte de la red hídrica de la microcuenca se realizó mediante la herramienta “Clip” y la hoja 12f con la hidrografía respectiva.

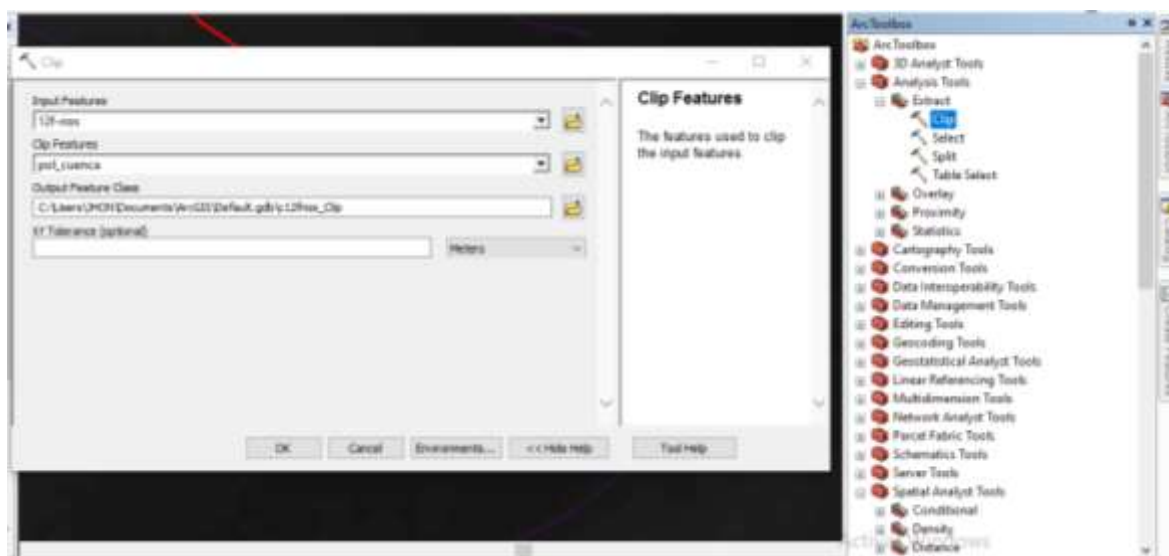


Figura 8. Herramienta “Clip” para recortar la red hídrica

- h. **Cálculo de parámetros básicos:** una vez conseguido el polígono de la microcuenca en formato “Shapefile” se procedió a abrir la caja de atributos, crear un nuevo campo con el nombre de “área” luego con la opción “Calcular Geometría” se calculó el área en hectáreas y kilómetros cuadrados.

El mismo procedimiento se realizó para determinar otros parámetros como el centroide y perímetro.

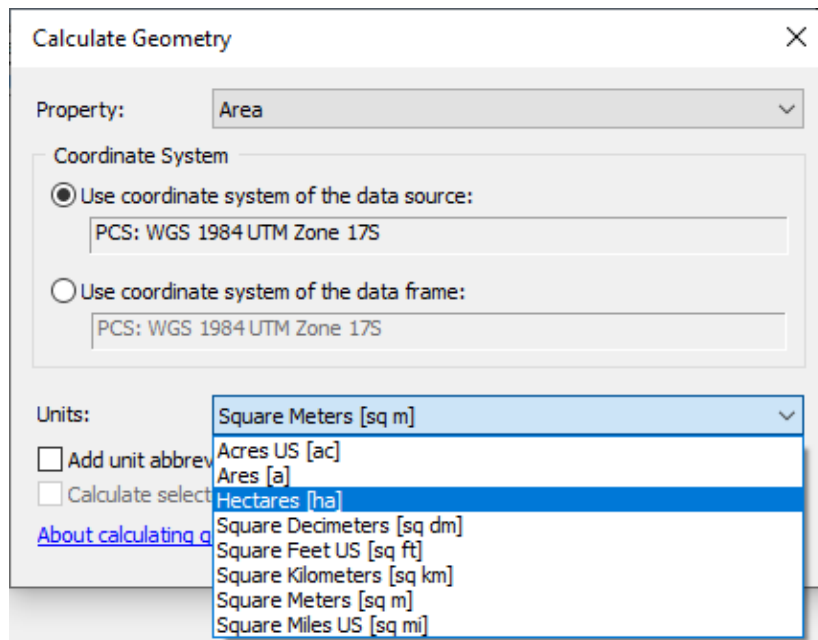


Figura 9. Determinación de parámetros cuantitativos básicos

- i. **Reclasificación de áreas** Con la herramienta “Reclassify” se procedió a clasificar la cuenca en 9 áreas iguales con la finalidad de obtener la curva hipsométrica y otros parámetros como la altitud media, altitud mínima y altitud máxima.

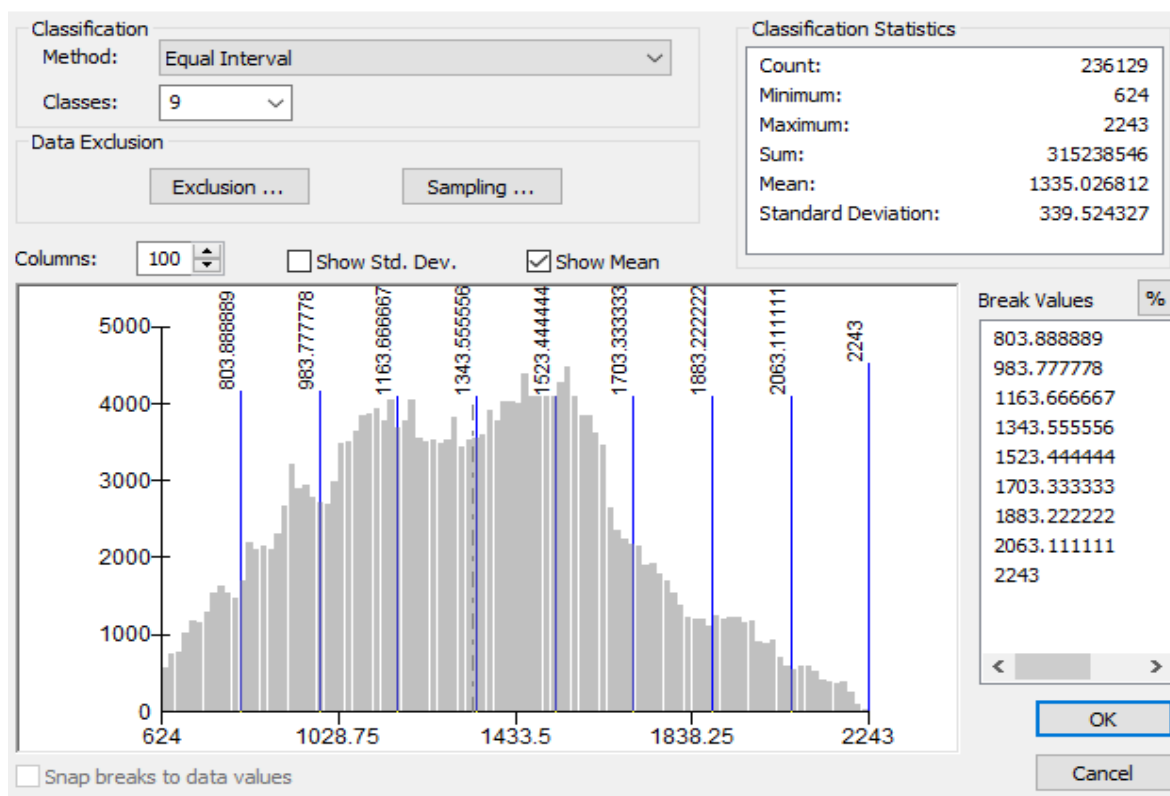


Figura 10. Reclasificación de áreas

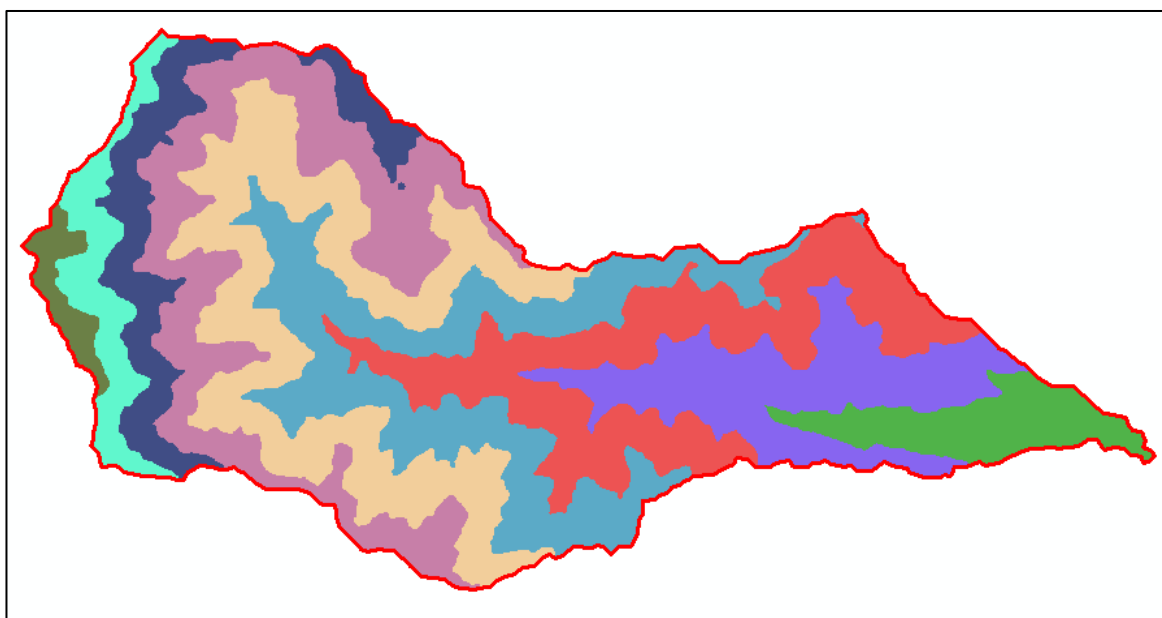


Figura 11. Áreas parciales de la Microcuenca Tumbillán

Fuente: ArcGIS Pro, Reclasificación de áreas parciales.

3.2.4. Clasificación de la microcuenca en sus tres partes

Mediante la herramienta “Reclassify” se procedió a clasificar la microcuenca en tres partes (alta, media y baja) teniendo en cuenta las siguientes alturas: la parte baja comprende desde los 624 hasta los 1100 m.s.n.m, la parte media hasta los 1500 m.s.n.m, mientras que la parte alta hasta los 2243 metros de altitud.

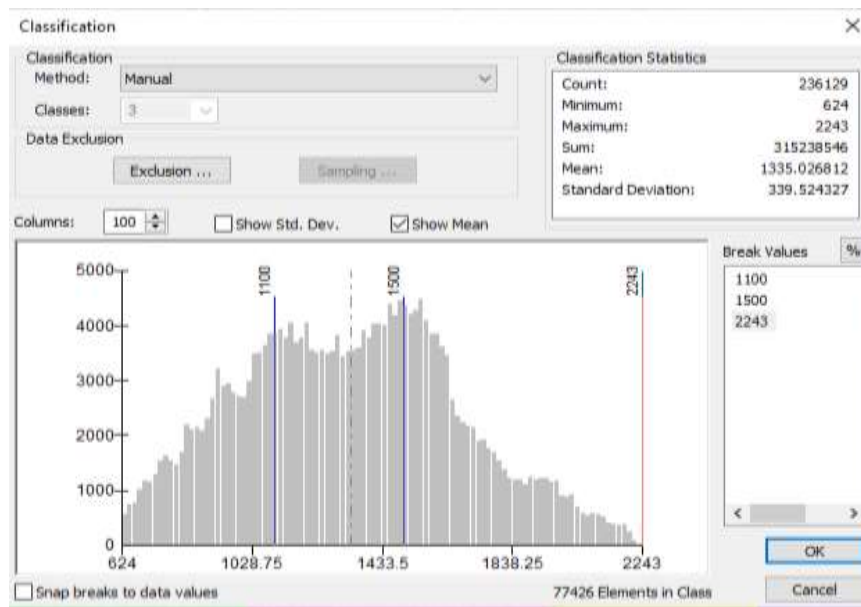


Figura 12. Clasificación de la microcuenca en parte alta, media y baja

El resultado que se obtuvo resultó en formato Raster, para lo cual fue necesario usar la herramienta “Conversion Tools”, que contiene entre ellas la opción “Convertir de Raster a polígono” para finalmente obtener las partes de la microcuenca en formato vectorial y así determinar sus datos geométricos.

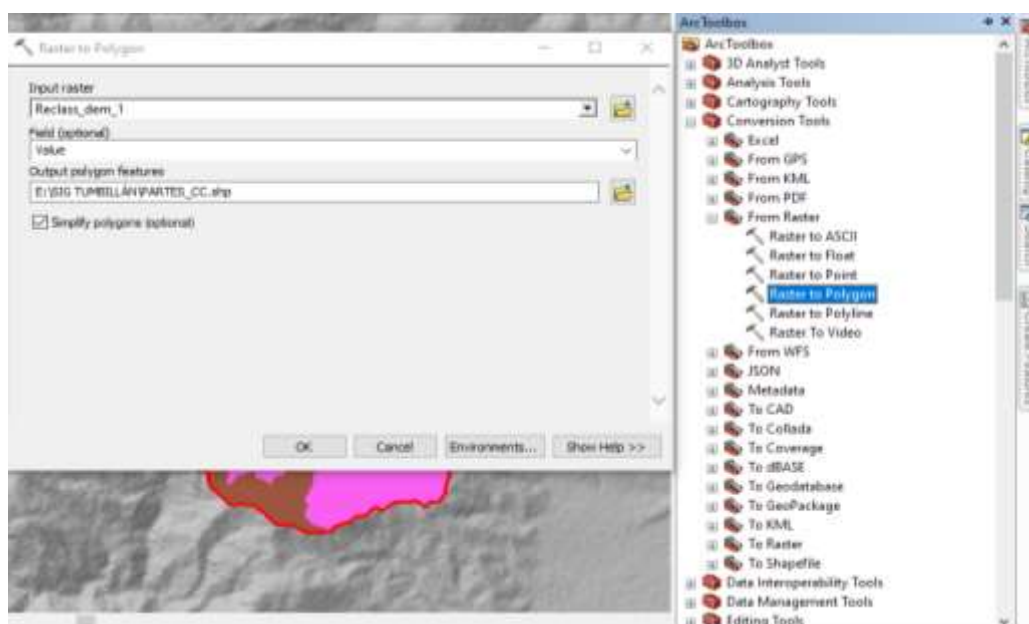


Figura 13. Reclasificación de Raster a Polígono para las partes de la microcuenca

3.2.5. Digitalización de áreas mediante SIG

La digitalización de áreas se desarrolló teniendo como elemento fundamental una imagen satelital obtenida de Google Earth, descargada mediante el software SASPlanet en resolución espacial de 30 cm y con zoom “z24”.

Se superpuso la imagen sobre el Shapefile de la microcuenca y configurando el software a escala 1:5000 (escala con la que se realizó la delimitación del Uso del Suelo) se procedió a crear un nuevos Shapefiles georreferenciados en WGS84 Zona 17S para luego empezar a editar teniendo como referencia la Imagen satelital. Y tomando como criterios la interpretación de la cobertura presente en el suelo en el caso que lo hubiera, en situaciones en las que se encontró poca o ningún tipo de cobertura, se describió como “espacios sin o con poca vegetación”. Es así como se seleccionaron espacios homogéneos delimitándolos uno de otros con diferentes características en la cobertura del suelo.

3.2.6. Cuantificación de áreas digitalizadas

Mediante la herramienta “Calculate Geometry” y configurando el Shapefile en el sistema WGS 84, se calculó el área total (en hectáreas) para cada polígono distinto de Uso de Suelo creado anteriormente.

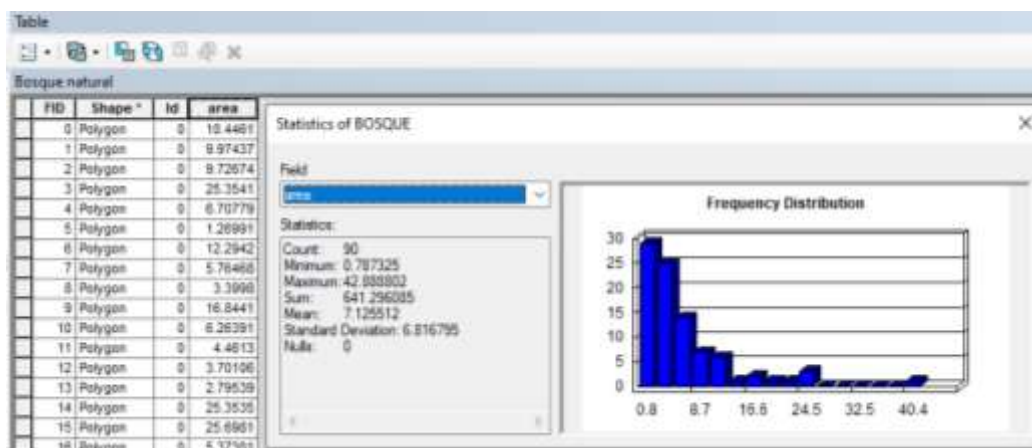


Figura 14. Cuantificación de espacios digitalizados en ArcGis

3.2.7. Verificación del uso actual del suelo in situ.

Para realizar la comprobación y verificación del uso actual del suelo en la microcuenca, se realizaron visitas a campo en las partes alta, media y baja de la microcuenca y se tomaron fotografías referenciadas para dar a conocer el estado actual de uso del suelo y confirmar los resultados obtenidos en gabinete. Para lo cual se realizó el siguiente formato:

Tabla 2. Formato de tabla utilizada en la verificación en campo

N° DE PUNTO	COORDENADAS UTM			N° DE FOTOGRAFÍA	DESCRIPCIÓN DEL AREA
	ESTE	NORTE	ZONA		
1					
2					
3					
....					
n					

Fuente: Elaboración propia.

En algunos casos, existió dificultad en reconocer las coberturas de algunos espacios de la microcuenca, estos espacios se consideraron prioritarios en la visita a campo que se realizó.

3.2.8. Elaboración de mapas temáticos

a. Elaboración del mapa final de la capacidad de uso actual del suelo de la microcuenca Tumbillán

Se realizó el mapa de la capacidad de uso actual del suelo de la microcuenca proyectando cada Shapefile creado con su respectivo polígono del uso actual del suelo

El sistema de proyección global utilizado en este caso fue el WGS 84, y el sistema de coordenadas será en “Universal Transverse Mercator” (UTM), debido a que son los más adecuados y recomendados por el Instituto Geográfico Nacional (IGN).

Las áreas geográficas con los usos actuales del suelo que se encontraron fueron delimitadas manualmente mediante digitalización en formatos vectoriales en el software ArcGIS Pro.

b. Criterios para la delimitación manual del uso actual del suelo.

Dentro de la microcuenca se encontraron diferentes usos del suelo, siete en específico que fueron delimitados y para los cuales se tuvo en cuenta la clasificación Corine Land Cover, en esta ocasión se adaptó para la microcuenca Tumbillán

Los usos del suelo se realizaron de acuerdo a la metodología Corine Land Cover (CLC) empleada por el MINAM hasta el nivel III.

Cada uso del suelo fue descrito con las especies, cultivos y endemismos que ocupan en la superficie en su gran mayoría y las especies de mayor predominancia.



c. Mapa de hidrografía

Para realizar el mapa de hidrografía de la microcuenca se descargó la carta nacional de la provincia de Jaén. Se proyectó en el programa ArcGis Pro y mediante la herramienta “Clip” de Geoprocesamiento se recortó solo la hidrografía de la microcuenca.

d. Mapa de relieve

Para realizar el mapa de relieve de la microcuenca fue necesario procesar el DEM que se descargó, luego en la caja de herramientas de análisis espacial del programa ArcGis Pro se seleccionó la herramienta “Contour”, en la cual se selecciona el DEM recortado de la microcuenca y se selecciona un intervalo de 30 metros entre cada curva.

e. Mapa de CUMT

De la misma forma para realizar el mapa de capacidad de uso mayor de tierras (CUMT) se tuvo que descargar de la página web del Gobierno Regional Cajamarca la Zonificación Ecológica y Económica, de la cual se proyectó el Shapefile de la CUMT y con la herramienta Clip de Geoprocesamiento se recortó solo en el ámbito de la cuenca.

IV. RESULTADOS

4.1. Identificación del Uso Actual del Suelo

Tabla 3. Cálculo en has del Uso Actual del Suelo en la microcuenca

Nivel I	Nivel II	Nivel III	Área (ha)	%
1. Áreas artificializadas	1.1 Áreas urbanizadas	1.1.2. Tejido urbano discontinuo	40.51	1.10
	1.2 Áreas industriales e infraestructura	1.2.2. Red vial	0.725	0.02
	2.2 Cultivos permanentes	2.2.1 Cultivos permanentes	143.45	3.89
2. Áreas agrícolas	2.4. Áreas agrícolas heterogéneas	2.4.3. Mosaico de Cultivos y pastos	1801.56	48.83
	3.1 Bosques	3.1.1. Bosques	641.29	17.38
3. Bosques y áreas mayormente naturales	3.3 Áreas con vegetación herbácea y/o arbustivo	3.3.4 Vegetación arbustiva / herbácea	967.63	26.23
	3.4 Áreas sin o con poca vegetación	3.4.3 Tierras desnudas	94.14	2.55
TOTAL			3689.31	100%

Fuente: Basado en MINAM, adaptado por el tesista.

La visualización del mapa de Uso Actual del Suelo de la microcuenca en estudio se detalla en el Anexo 08.

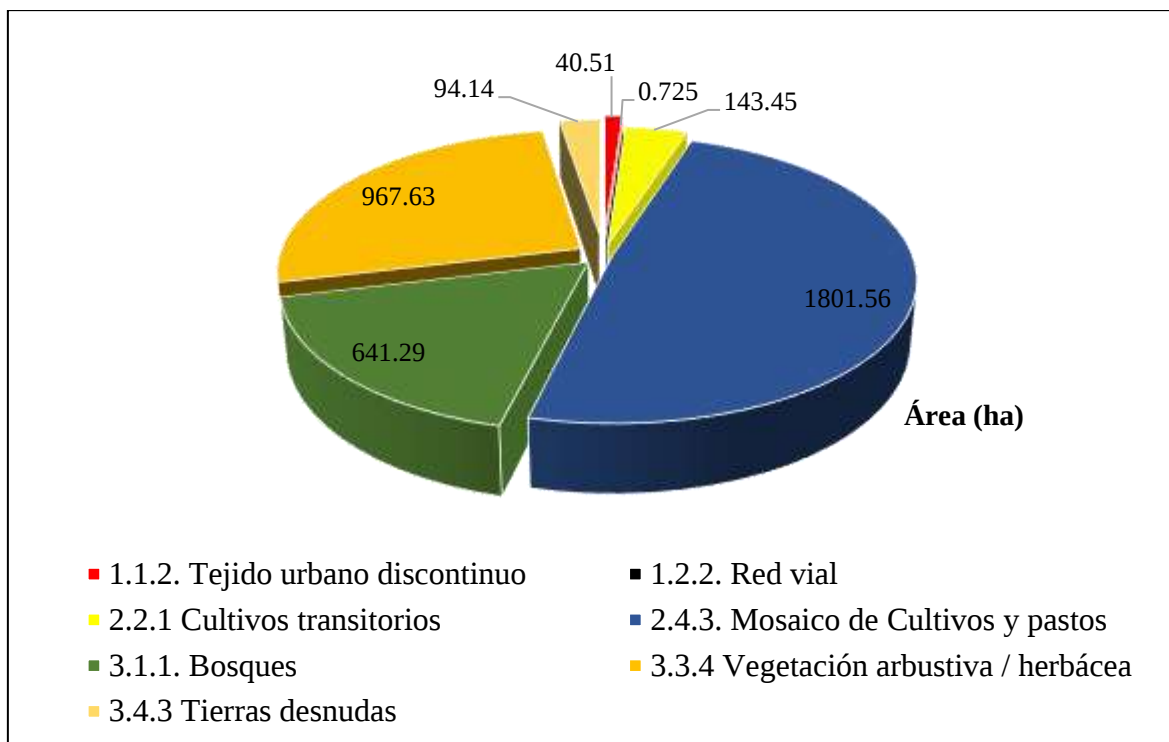


Figura 15. Distribución de áreas de uso actual del suelo

Fuente: Elaboración propia.

4.1.1. Tejido Urbano Discontinuo

Esta parte está compuesta por los pequeños espacios cubiertos por viviendas que en su mayoría se ubican en los caseríos y Centro poblados. En la microcuenca ocupan tejido urbano las localidades de El Arenal, Tumbillán, Alto Vista Alegre, El Laurel, Peña Blanca, El Limon, San Miguel.

En la microcuenca se obtuvo como resultado 40.51 ha de este espacio ocupando el 1,1 % del área total de la microcuenca

Tejido Urbano discontinuo, Localidad “El Arenal”.



Figura 16. Tejido Urbano discontinuo, Localidad “El Arenal”.

Fuente: Propia, febrero 2020.

4.1.2. Red Vial

La red vial está compuesta por la infraestructura vial que atraviesa la microcuenca, en este caso cubre solo el 0.02 % del área total de la microcuenca.

4.1.3. Cultivos Transitorios

Los cultivos transitorios se extienden en ambas márgenes de la microcuenca cerca a las orillas de la quebrada y únicamente en la parte baja.

Los cultivos que se determinaron fueron en su mayoría arroz (*Oryza sativa*), teniendo como principal fuente de riego el agua de la quebrada Tumbillán. También otros cultivos en menores cantidades como maíz (*Zea mays*) y yuca (*Manihot esculenta*).

Estos cultivos ocupan un área de 143.45 hectáreas, que representa el 3.8% del total del área de la microcuenca.



Figura 17. Cultivos de arroz en márgenes de la Quebrada Tumbillán, parte baja de la microcuenca.

Fuente: Propia, febrero 2020.

4.1.4. Mosaico de pastos y cultivos

Este espacio es el más abundante en la microcuenca y comprende la parte alta, media y un fragmento de la parte baja, se determinó 1801.56 hectáreas de este espacio que significa el 48.83 % del territorio total.

En este espacio se pudo determinar la presencia de sistemas agroforestales entre los que se destacan el Café asociado a Guaba, Café asociado a eucalipto (*Eucalyptus globulus*), Café asociado a Pino (*Pinus sp*), Café asociado a Plátano (*Musa paradisiaca*). Además también la presencia de monocultivos de Café (*Coffea arabica*).

Además de esto se pudo determinar en el mosaico la presencia de pasturas (*Pennisetum purpureum*) establecidas por los agricultores con la finalidad de insertar en el área, la ganadería que es un factor fundamental en la existencia de estas comunidades.



Figura 18. Mosaico de cultivos y pastos en la parte media de la microcuenca.

Fuente: Propia, febrero 2020.

4.1.5. Bosque natural

Este espacio está compuesto por todas las áreas boscosas en el interior de la microcuenca. El número de hectáreas que resultaron de la digitalización fue de 641.29 en su mayoría relictos, debido a la intervención antrópica con la finalidad de extender fronteras agrícolas y establecer sistemas silvopastoriles para la inserción del ganado.

La mayoría de bosques se encuentra en las partes media y alta de forma fragmentada y en otros casos asociada con purmas y áreas intervenidas.

Las especies que se encontraron en este espacio como lo menciona Marcelo, Pennington, Reynel & Zevallos (2010) son Balsa (*Ochroma pyramidale*), Cético (*Cercropia Palmata*), Acerillo (*Aspidosperma polyneuron*), Matico (*Buddleja globosa*), Morero (*Maclura tinctoria*), Lishina (*Jacquinia mucronata*), Ingas, Palo de agua, Chilcas y Cujaca.

En la parte baja de la microcuenca nos encontramos con relictos de bosque compuestos en su mayoría con especies como Faique (*Acacia macracantha*),

Yangua (*Cybistax antisyphilitica*), Iguaguana (*Cordia iguaguana*), Guayacán (*Tabebuia chrysantha*), en menores cantidades se pudo observar especies de Catahua (*Hura crepitans*), Tunsho (*Ceiba insignis*) Pajaro bobo (*Tessaria integrifolia*), Higuerilla (*Ricinus communis*), Uña de gato (*Senegalia riparia*) Algarrobo (*Prosopis juliflora*) y Cerezo (*Muntingia calabura*) en las orillas de la quebrada (Marcelo et al., 2010).



Figura 19. Bosque natural y Purmas en la parte media de la microcuenca.

Fuente: Propia, febrero 2020.

Con respecto a la presencia de avifauna, en este espacio existen muchas especies de aves, el Dr. Segundo Sánchez Tello (como persona) viene haciendo un registro inicial de aves de la microcuenca y hasta la fecha tiene un listado de cerca de 90 especies con sus respectivas fotografías, esta gran variedad de aves se debe a que en este lugar se combinan ecosistemas de bosque seco, bosques montano bajo y bosques de neblina, siendo las especies más representativas y endémicas presentes en esta área: *Melanopareia maranonica*, *Incaspiza watkinsi*, *patagioenas oenops*, *Sinallaxys maranonica*, muchas tangaras, colibríes, rapaces, y una gran cantidad de guataracos.



Figura 20. Tangara (Tangara cyanicollis) en la microcuenca Tumbillán.

Fuente: Segundo Sánchez Tello, 2019

4.1.6. Vegetación arbustiva/Herbácea

Este espacio está compuesto por especies características del bosque seco del Marañón.

Cabe resaltar que esta parte de la microcuenca se encuentra en altitudes que van desde los 730 hasta los 1380 m.s.n.m, encontrándose en la parte baja y gran territorio de la parte media de la microcuenca.

Estos espacios hasta la actualidad no han presentado una intervención significativa de sus áreas, uno de los factores es el suelo poco productivo que posee y además algunas limitaciones como la baja precipitación.



Figura 21. Vegetación Herbácea/Arbustiva en la parte baja de la microcuenca

Fuente: Propia, febrero 2020.

4.1.7. Tierras desnudas

Estos espacios se encontraron en la parte baja de la microcuenca, generalmente causadas por la escasez de precipitación y además por la intervención de la mano del hombre con fines de extender el área urbana.

Estos espacios se encuentran en la parte baja de la microcuenca y cerca del casco urbano de la ciudad de Jaén, ocupando 94.14 hectáreas de territorio

4.2. Parámetros de la microcuenca

4.2.1. Datos Generales

Tabla 4. Datos Generales de la Microcuenca

Nombre	Microcuenca "Tumbillán"	
Distrito	Jaén, Las Pirias	
Provincia	Jaén	
Región	Cajamarca	
Centroide	Este	739223
	Norte	9373100

Fuente: Elaboración propia

4.2.2. Partes de la microcuenca

Tabla 5. Partes de la microcuenca Tumbillán

Partes	Área (ha)	%	% Acumulado
Parte alta	1209.77	32.79	32.79
Parte media	1472.64	39.91	72.70
Parte baja	1007.11	27.30	100.00
Total	3689.52	100.00	

Fuente: Elaboración propia

4.2.3. Parámetros geomorfológicos

Tabla 6. Parámetros Geomorfológicos de la Microcuenca Tumbillán.

Parámetro	Unidad/Fórmula	Descripción	Valor
Área	Km ²		36.89
	Ha		3689.31
Perímetro	Km		33.69
Ancho	km		6.16
Largo	km		12.62
Pendiente media	$\frac{(\sum Li)(E)}{A} * 100\%$	A = Área (Km ²) E = Equidistancia (Km) Li = Longitud total de curvas a nivel (Km)	48.13%
Cota de salida	m.s.n.m		624
Elevación máxima	m.s.n.m		2243
Elevación media	m.s.n.m		1335
Coefficiente de compacidad	$0.28 * \frac{P}{\sqrt{A}}$	P = Perímetro (Km) A = Área (Km ²)	0.13
Relación de Circularidad	$\frac{4\pi * Ac}{P^2}$	Ac= área de la cuenca (Km ²) P = perímetro de la cuenca(km)	0.41
Proporción de elongación	$\frac{2\sqrt{\frac{A}{\pi}}}{Lc}$	Ac= área de la cuenca (Km ²) Lc = Longitud del cauce (Km)	3.17

Fuente: Elaborado con datos de Reyes *et al* (2010). Adaptado por el tesista.

4.2.4. Curva Hipsométrica de la microcuenca

Tabla 7. Áreas parciales para la elaboración de la curva hipsométrica

ALTITUD			AREAS PARCIALES		
Mínimo	Máximo	Cota media	Km2	(%)	% Acumulado
2064	2243	2129.9	0.66	1.78%	1.78%
1884	2063	1963.6	1.77	4.81%	6.59%
1704	1883	1782.8	2.74	7.43%	14.02%
1524	1703	1602.1	5.96	16.16%	30.17%
1344	1523	1437.0	7.04	19.07%	49.24%
1164	1343	1252.5	6.30	17.08%	66.32%
984	1163	1079.4	6.11	16.57%	82.88%
804	983	901.3	4.29	11.62%	94.50%
624	803	728.4	2.03	5.50%	100.00%
TOTAL			36.895	100%	

Fuente: Elaboración propia

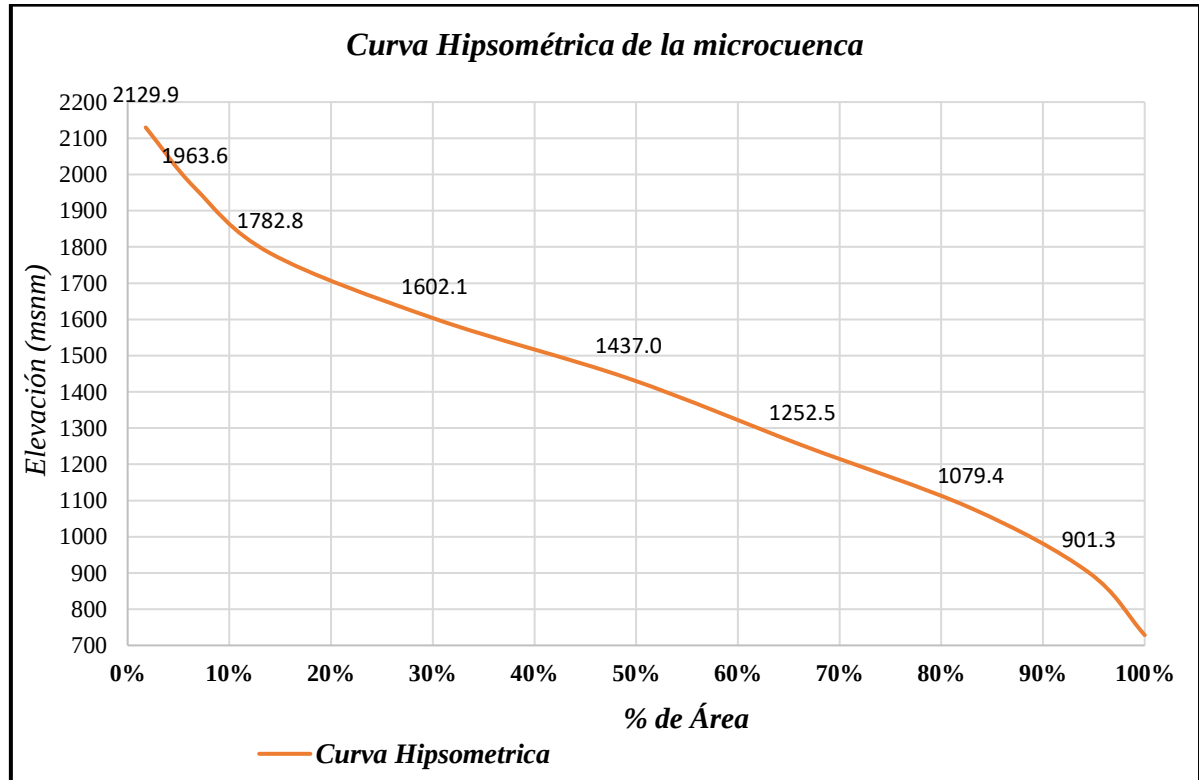


Figura 22. Curva Hipsométrica de la microcuenca Tumbillán

Fuente: Elaboración propia

Una adecuada lectura e interpretación a la curva hipsométrica de la microcuenca nos da a entender que se encuentra en fase de madurez, es decir que se encuentra en equilibrio. Además que no presentará erosión de gran significancia en los suelos y ambientes interiores de la misma.

Además podemos interpretar que presenta una fuerte pendiente en la parte alta que va desde los 1800 hasta los 2243 m.s.n.m. Mientras que en la parte media la pendiente tiende a disminuir ligeramente hasta los 1000 metros de altitud, ya en la parte baja la pendiente vuelve a aumentar de forma ligera hasta el punto más bajo que se encuentra a 624 m.s.n.m.

Esto justifica que la pendiente promedio total de la microcuenca sea de 48.13%, valor característico de una cuenca que se encuentra en un ramal oriental de la cordillera de los andes.

4.3. Propuestas para un adecuado Uso del Suelo.

Después de realizada la investigación y verificación en campo del Uso del Suelo, se propone lo siguiente:

- En los espacios sin, o con poca vegetación que se encuentran entre las partes baja y media y ocupan un área de 94,14 has, plantaciones forestales con especies como Iguaguana (*Cordia iguaguana*), Acerillo (*Aspidosperma polyneuron*), Latero, Cordia, y en las áreas muy degradadas intentar la producción de Guayacán (*Tabebuia chrysantha*), Yangua (*Cybistax antisyphilitica*) y Toche, o también manejar estos espacios mediante regeneración natural con el fin de evitar erosión, desertificación de suelos y problemas ecosistémicos en la microcuenca.
- En el mosaico de cultivos y pastos que ocupa un área de 1801.56 has, se debe establecer sistemas agroforestales con Eucalipto (*Eucaliptus saligna*) (*Eucaliptus globulus*), Laurel (*Cordia alliodora*), Cítricos para los espacios con monocultivos (mayormente de café) con el fin de evitar escurrimientos masivos durante épocas de precipitación y posteriormente la desertificación del suelo, mientras que en los espacios con pasturas lo más recomendable es complementar estas áreas con la inserción de árboles fijadores de Nitrógeno (*Erythrina edulis*), (*Prosopis juliflora*), obteniendo así sistemas silvopastoriles que sería lo más benéfico para disminuir posibles riesgos de erosión de suelos y disminución en la producción hídrica, además de ello se debe evitar el sobrepastoreo que ocasiona la compactación del suelo.



- Existen cultivos de café en suelos con pendiente mayor a 60 %, que se ubican mayormente entre la transición de la parte media y alta de la microcuenca; para ello, se propone la implementación del cultivo con árboles maderables como Eucalipto (*Eucaliptus saligna*), con la finalidad de estabilizar los suelos y entablar sistemas agroforestales. En las orillas de la quebrada, lo más recomendable es la siembra de Bambú (*Guadua angustifolia*) con la finalidad de evitar derrumbes, y más bien estabilizar suelos con poca cobertura.

Estas recomendaciones de inserción de cítricos y otras especies, están realizadas en base al estudio de suelos realizado por la Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales (1977), en el que la serie Jaén se ha determinado una aptitud agronómica con buenas propiedades físicas, químicas e hidrodinámicas del suelo en estudio, lo cual posibilita una agricultura técnicamente sostenible.



V. DISCUSIÓN

- Después de haber realizado el estudio de Capacidad de Uso Actual del Suelo en la microcuenca Tumbillán para el año 2020, utilizando el software ArcGIS Pro y una imagen satelital de Google Earth; se determinó, que la mayoría del territorio está cubierto por un mosaico de pastos y cultivos que representa el 48.43% del total del espacio, y este se distribuye mayoritariamente en la parte alta y media de la microcuenca. Desde un enfoque ambiental, esto representa una potencial amenaza a la producción y regulación del recurso hídrico, a lo que se le suma la presencia de pendientes con valores de más de 50 %, esto origina el avance de la pérdida de los ecosistemas naturales; puesto que, las partes altas de la microcuenca son zonas de recepción hídrica.
- El mapa de Capacidad de Uso Mayor, elaborado durante el proceso de Zonificación Ecológica y Económica (ZEE) de la Región Cajamarca a escala macro (1:250000) y aprobada mediante OR N° 018-2010-GRCAJ-CR, indica que el área donde se encuentra ubicada la microcuenca pertenece a la “unidad de tierras aptas para cultivos”, “Tierras aptas para pastos” y “Tierras aptas para producción forestal”, lo cual resulta razonable debido a la escala macro en que el estudio de la ZEE se realizó; sin embargo, en el presente proyecto de investigación realizado a escala 1:5000, se determinó la presencia de espacios con ciertas limitaciones, además de conflictos de uso de suelo.
- En el estudio realizado por Ato & Gonzales (2019) en la subcuenca de la quebrada Jaén; se determinaron, entre los Usos del Suelo un mosaico de “espacios naturales, pastos y cultivos” en el ámbito de la microcuenca Tumbillán. Para el presente proyecto de investigación y por razones de la escala (1:5000) este mosaico fue detallado y separado en un mosaico de pastos y cultivos y otro en bosque fragmentado, obteniendo solo para la microcuenca Tumbillán un mosaico de pastos y cultivos de 1801.56 has y el bosque fragmentado con 641.29 has distribuidos en la parte media y alta de la microcuenca en estudio.



VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

- Se elaboró el mapa de Uso Actual del Suelo para la microcuenca Tumbillán obteniendo como resultados porcentuales los siguientes: un mosaico de pastos y cultivos que ocupa el 48.83% del espacio total de la microcuenca, seguido por espacios de vegetación herbácea/arbustiva ocupando el 26.23%, en tercer lugar se encontraron relictos de bosques naturales ocupando el 17.38% del total, seguido de espacios de cultivos transitorios con 3.89%, en el quinto lugar se pudo obtener espacios de tierras desnudas y con poca vegetación ocupando un 2.55% y finalmente se obtuvo el tejido urbano discontinuo y la red vial con un 1.1 y 0.02% respectivamente.
- Según el mapa de Capacidad de Uso Mayor, muchas áreas se encuentran en condición de “Conflicto de Uso”, como son cultivos en suelos con excesiva pendiente, pastos y cultivos de café en suelos forestales con exceso de pendiente, relictos boscosos solo al borde de las quebradas y escasa actividad de forestación y reforestación.
- Los parámetros geomorfológicos de la microcuenca indican que esta tiene forma alargada con un Coeficiente de compacidad igual a 0.13, con una extensión de 3689 ha y con una pendiente promedio de 48%. La curva hipsométrica determina que esta se encuentra en fase de madurez; es decir, que se encuentra en equilibrio. Además que no presentará erosión de gran significancia en los suelos y ambientes interiores de la misma.
- El 48.83 % del total del territorio de la microcuenca está ocupado por pastos y cultivos, estas áreas resultan de preocupación debido a que se encuentran ubicadas en las partes media y alta de la microcuenca y con pendientes mayores a 50 % lo que representa un peligro potencial para los suelos y la producción hídrica.



6.2. Recomendaciones

- Se recomienda al Gobierno local formular un plan para el sector agrario y ganadero de toda la provincia de Jaén con un enfoque claro y basado en la producción y conservación del recurso hídrico, en el cual se consideren alternativas como la inserción de sistemas agroforestales, silvopastoriles y agrosilvopastoriles en espacios intervenidos por el hombre.
- Se recomienda a la Municipalidad Provincial de Jaén elaborar su Plan de Ordenamiento Territorial a escala micro, con la finalidad de evitar desórdenes en el Uso del Suelo y conflictos ambientales en las principales microcuencas productoras de agua, y en zonas de importancia ambiental.
- Se recomienda a la Municipalidad Provincial de Jaén realizar jornadas de sensibilización a la población que pertenece al ámbito de la microcuenca Tumbillán con respecto a la conservación de ecosistemas para evitar la disminución de la producción hídrica y resaltar la importancia de los ecosistemas en la sociedad.
- Para el caso de realizar estudios de Uso Actual del Suelo para cualquier territorio geográfico mediante fotointerpretación, se recomienda descargar imágenes satelitales con la mínima nubosidad y con la más alta resolución espacial posible, para no tener inconvenientes al momento de realizar dicho proceso.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alcántara, B. G. (2011). Cobertura vegetal y uso actual departamento de Cajamarca. Recuperado de: <https://zeeot.regioncajamarca.gob.pe/node/580>
- ArcGis [Software GIS]. (2010). Versión Pro. Redlands, CA: Environmental Systems Research Institute, Inc.
- Ato G. A. & Gonzales, Q. J. (2019). Análisis de la relación entre el cambio de cobertura vegetal y la cantidad de agua 1995-2019 en la microcuenca Jaén 2019 (Tesis de grado). Universidad Nacional de Jaén. Jaén, Perú.
- Di Gregorio, A. (2004). Sistema de Clasificación de la Cobertura de la Tierra. FAO Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, IT); PNUMA (Medio Ambiente y Recursos Naturales, UN).
- Gobierno Regional Cajamarca (GRC). (2014). Diagnostico Territorial del Departamento de Cajamarca. Recuperado de http://zeeot.regioncajamarca.gob.pe/sites/default/files/20141128_Diagnostico_Territorial_Cajamarca_V1.pdf
- Marcelo, P.J; Pennington, R. T; Reynel, C. y Zevallos, P. (2010). Guía ilustrada de la flora leñosa de los bosques estacionalmente secos de Jaén, Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina / Royal Botanic Garden Edinburgh. Lima. 288 pp.
- Ministerio del Ambiente. (2012). Clasificación de cobertura y uso de la tierra, utilizando imágenes satelitales Landsat como herramienta para el ordenamiento territorial.
- Municipalidad Provincial de Jaén. (2012). Plan de Desarrollo Urbano, Ciudad de Jaén 2013-2025.
- Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales. (1977). Estudio de Suelos de la Zona Jaén – San Ignacio (Detallado). Recuperado de: <http://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/1010>
- Reyes, T. A; Ulises, B. F. y Carbajal, E. Y. (2010). Guía básica para la caracterización morfométrica de cuencas hidrográficas. Programa Editorial Universidad del Valle. Colombia. ISBN: 978-958-670-855-5



AGRADECIMIENTO

Un agradecimiento especial al asesor del presente proyecto de investigación el Dr. Segundo Sánchez Tello, por el importante aporte hacia la materialización de esta idea de investigación.

Además a un gran compañero de la Universidad Nacional de Jaén, el estudiante de la facultad Joel Guerrero Burga por su apoyo y conocimiento en diferentes especies de flora existentes en el área de estudio.



DEDICATORIA

A Dios y mi madre Julia Martínez que desde el cielo me iluminan y me brindan la sabiduría y los ánimos para concretar los objetivos propuestos en esta etapa de mi vida.

Juan Carlos Chasquero Martinez

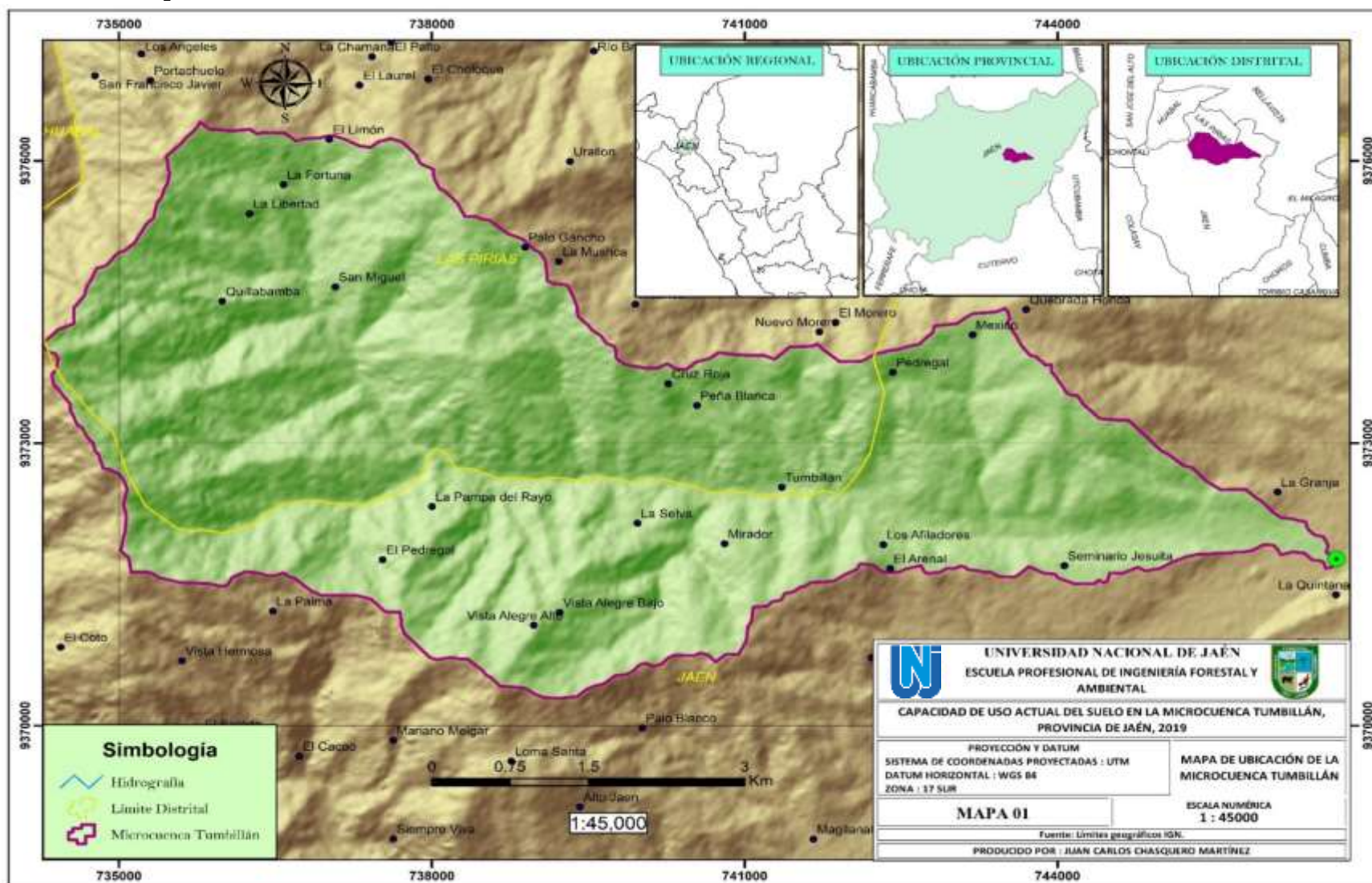


Juan Carlos Chasquero

Juan Carlos Chasquero

ANEXOS

Anexo 1. Mapa de Ubicación del área de estudio



Fuente: Elaboración propia



Anexo 2. Tabla de Propiedades de la Imagen satelital de Google Earth

Fuente	Parámetro	Datos	Unidad
Raster Information	Columnas	42465	
	Filas	22014	
	Numero de bandas	3	
	Tamaño de celda X	0.3	m
	Tamaño de celda Y	0.3	m
	Formato	ECW	
	Profundidad de pixel	8 Bit	
	Parte superior	-624,222.54	m
Extent	Fondo	-630,795.53	m
	Izquierda	-8,781,497.70	m
	Derecha	-8,768,818.41	m
	Sistema de coordenadas proyectadas	WGS 1984	
Spatial Reference	Proyección	Mercator	
	Unidad lineal	metros	

Fuente: Elaboración propia,

Anexo 3. Clasificación Corine Land Cover adaptada a la microcuenca Tumbillán

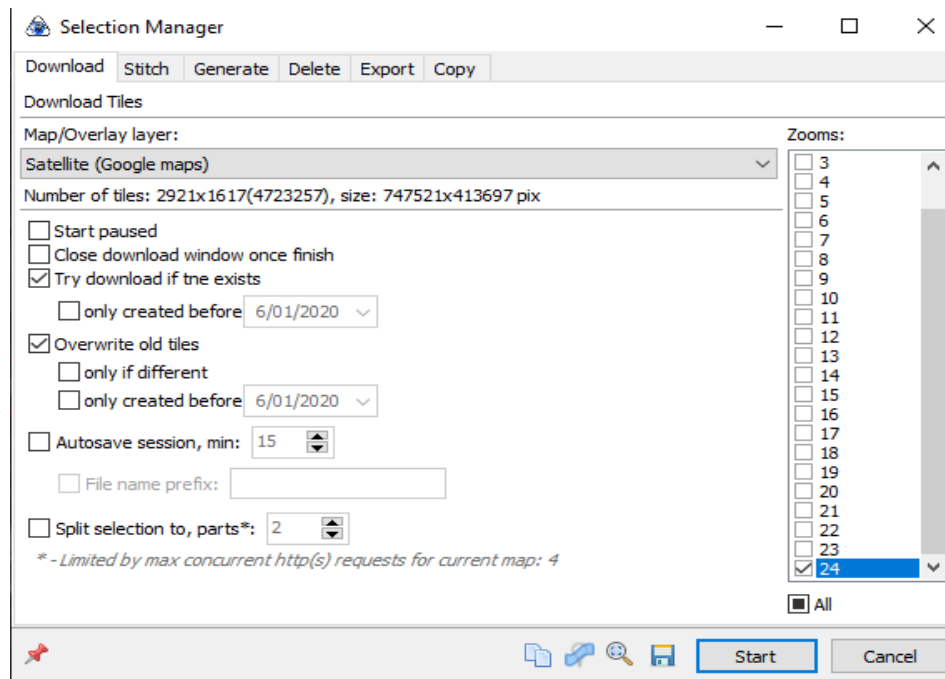
Nivel I	Nivel II	Nivel III	DESCRIPCIÓN A NIVEL II
1. Áreas artificializadas	1.1 Áreas urbanizadas	1.1.2. Tejido urbano discontinuo	Las áreas urbanizadas incluyen los espacios cubiertos por infraestructura urbana y todas aquellas áreas verdes y redes de comunicación asociadas con ellas, que configuran un tejido urbano.
		1.2.2. Red vial, ferroviaria y terrenos asociados	Comprende las áreas cubiertas por infraestructura de uso exclusivamente comercial, industrial, de servicios y comunicaciones. Se incluyen tanto las instalaciones como las redes de comunicaciones que permiten el desarrollo de los procesos específicos de cada actividad.
	1.2 Áreas industriales e infraestructura		Tienen como característica fundamental, que después de la cosecha es necesario volver a sembrar o plantar para seguir produciendo. Comprende las áreas ocupadas con cultivos cuyo ciclo vegetativo es generalmente corto (hasta 2 años), llegando incluso a ser de sólo unos pocos meses, como por ejemplo los cereales (maíz, trigo, cebada y arroz), los tubérculos (papa y yuca), las oleaginosas (el ajonjolí y el algodón), la mayor parte de las hortalizas, algunas especies de flores a cielo abierto.
		2.1.1 Cultivos Transitorios	
2. Áreas agrícolas	2.1 Cultivos transitorios		Son unidades que reúnen dos o más clases de coberturas agrícolas y naturales. Están, dispuestas en un patrón intrincado de mosaicos geométricos que hace difícil su separación en coberturas individuales; los arreglos geométricos están relacionados con el tamaño reducido de los predios, las condiciones locales de los suelos, las prácticas de manejo utilizadas y las formas locales de tenencia de la tierra 70% intervenido en la UMM. Si él% es menor, la cobertura continua define a la matriz.
	2.4 Áreas agrícolas heterogéneas	2.4.2. Mosaico de Pastos y Cultivos	

3. Bosques y áreas mayormente naturales	3.1 Bosques	3.1.5. Bosque fragmentado	Altura mayor a 5m. Cobertura mayor a 10%. Umbral entre denso y abierto: 70% de cobertura. Los bosques riparios y otros ecológicamente discernibles entrarían como nivel 4. Se consideran excepciones importantes definidas por restricciones bioclimáticas y biogeográficas (particularmente en Perú y Bolivia), como los bosques de <i>Polylepis</i> o <i>Prosopis</i> .
	3.3 Áreas con vegetación herbácea y/o arbustivo	3.3.4 Vegetación arbustiva / herbácea	Comprende los territorios cubiertos por una mezcla de vegetación arbustiva y herbácea, desarrollados en forma natural en diferentes densidades y sustratos.
	3.4 Áreas sin o con poca vegetación	3.4.3 Tierras desnudas (incluye áreas erosionadas naturales y también degradadas)	Comprende aquellos territorios en los cuales la cobertura vegetal no existe o es escasa, compuesta principalmente por suelos desnudos y quemados, así como por coberturas arenosas y afloramientos rocosos, algunos de los cuales pueden estar cubiertos por hielo y nieve.

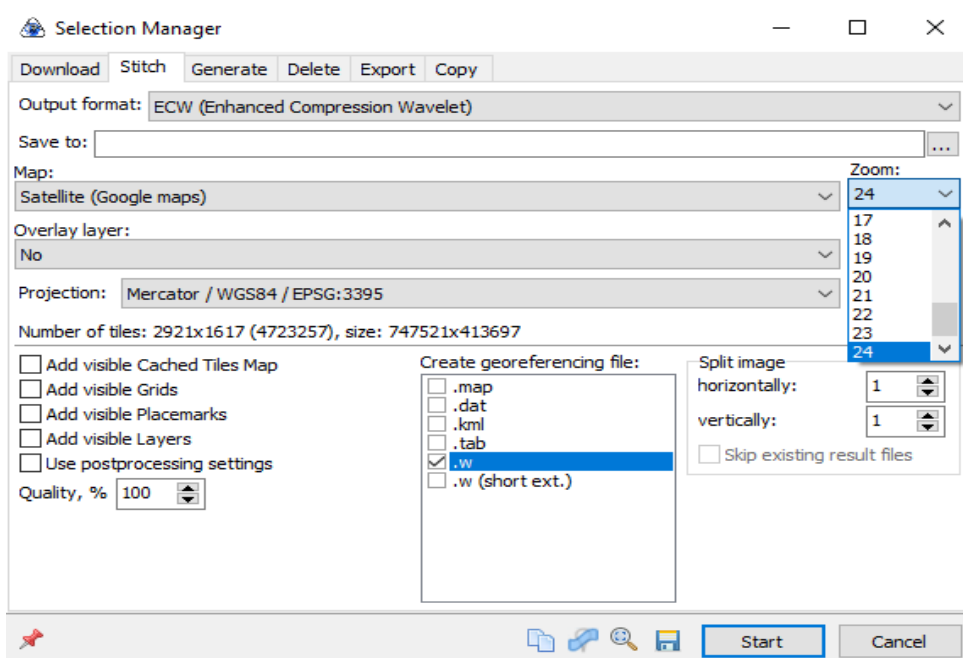
Fuente: Clasificación de cobertura y uso de la tierra, utilizando imágenes satelitales Landsat como herramienta para el ordenamiento territorial, MINAM 2012. Adaptado por el tesista.



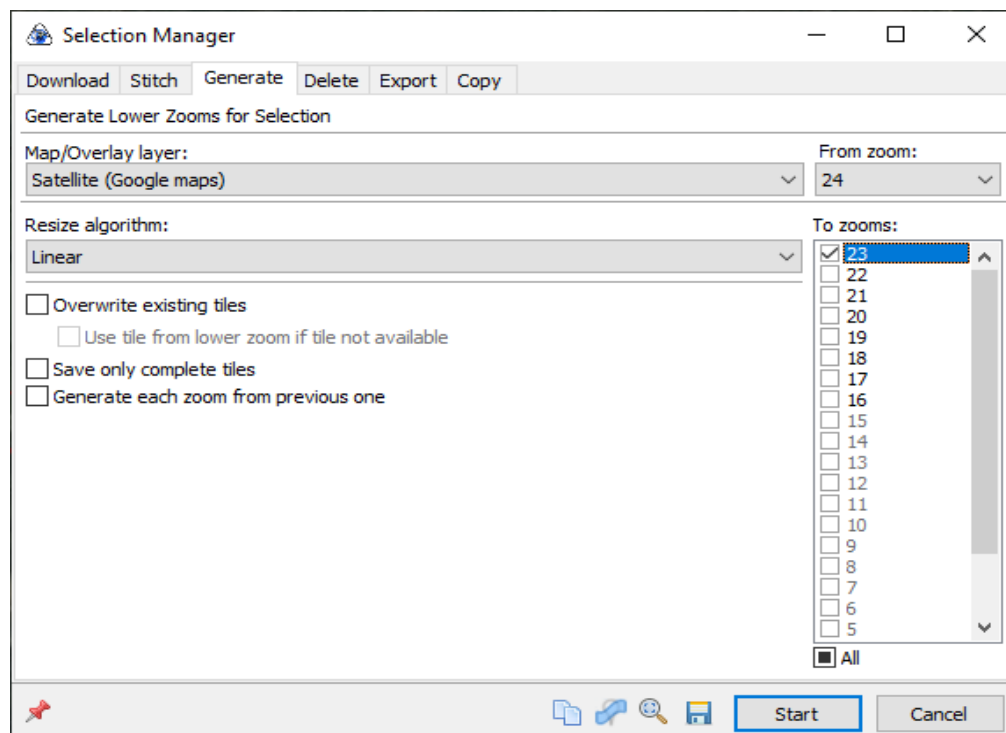
Anexo 4. Propiedades para la descarga de la imagen satelital, Configuración de resolución y satélite.



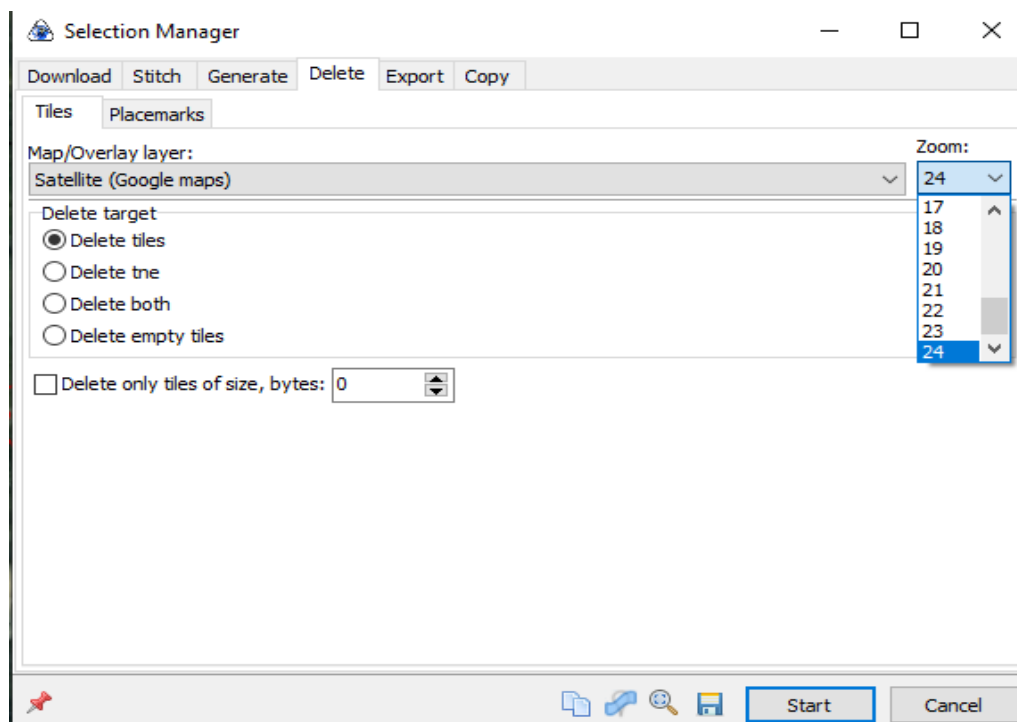
Anexo 5. Configuración de tipo de imagen, proyección y resolución



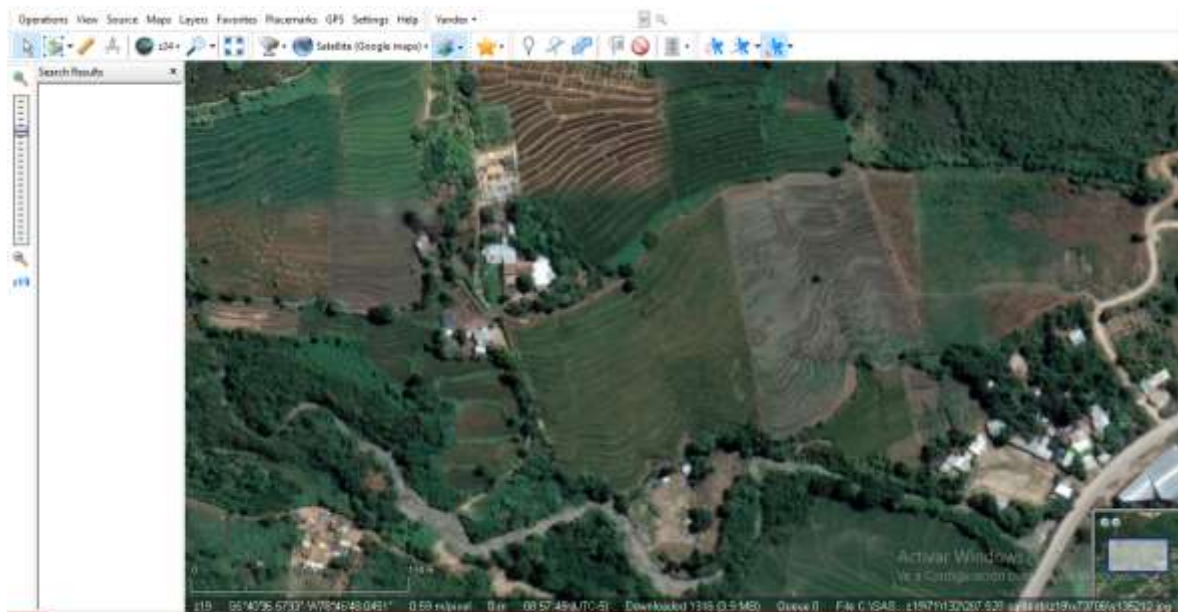
Anexo 6. Configuración de resolución y satélite



Anexo 7. Configuración para cantidad de Zoom



Anexo 8. Interfaz del programa SASPlanet



Anexo 9. Portal de descarga de las cartas geográficas nacionales.



Link: <http://signed.minedu.gob.pe/descargas/>

Anexo 10. Portal de descarga de los modelos de elevación digital (DEM).



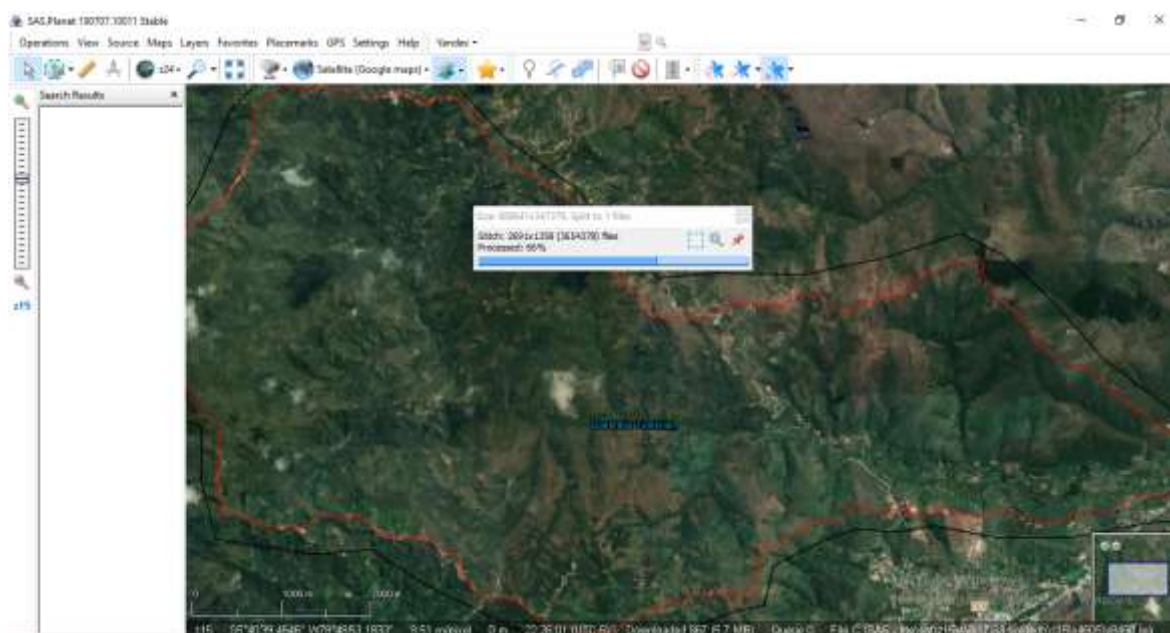
Link: http://geoservidorperu.minam.gob.pe/geoservidor/download_raster.aspx

Anexo 11. Portal de descarga de la Zonificación ecológica y económica de Cajamarca



Link: <http://zeeot.regioncajamarca.gob.pe/>

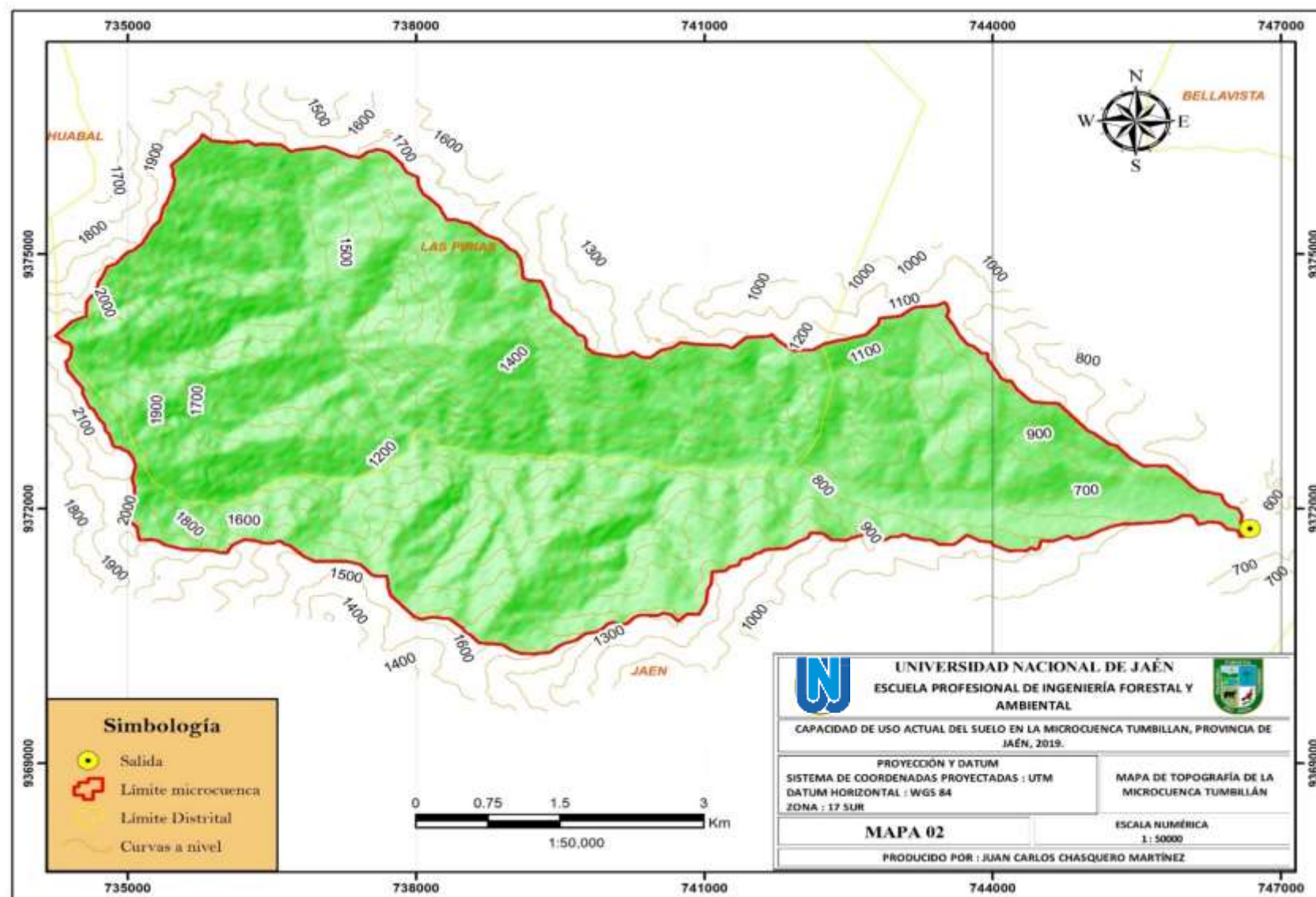
Anexo 12. Descarga de la imagen satelital desde SASPlanet.



Handwritten signature

James C. H.

Anexo 13. Mapa de Relieve de la Microcuenca Tumbillán



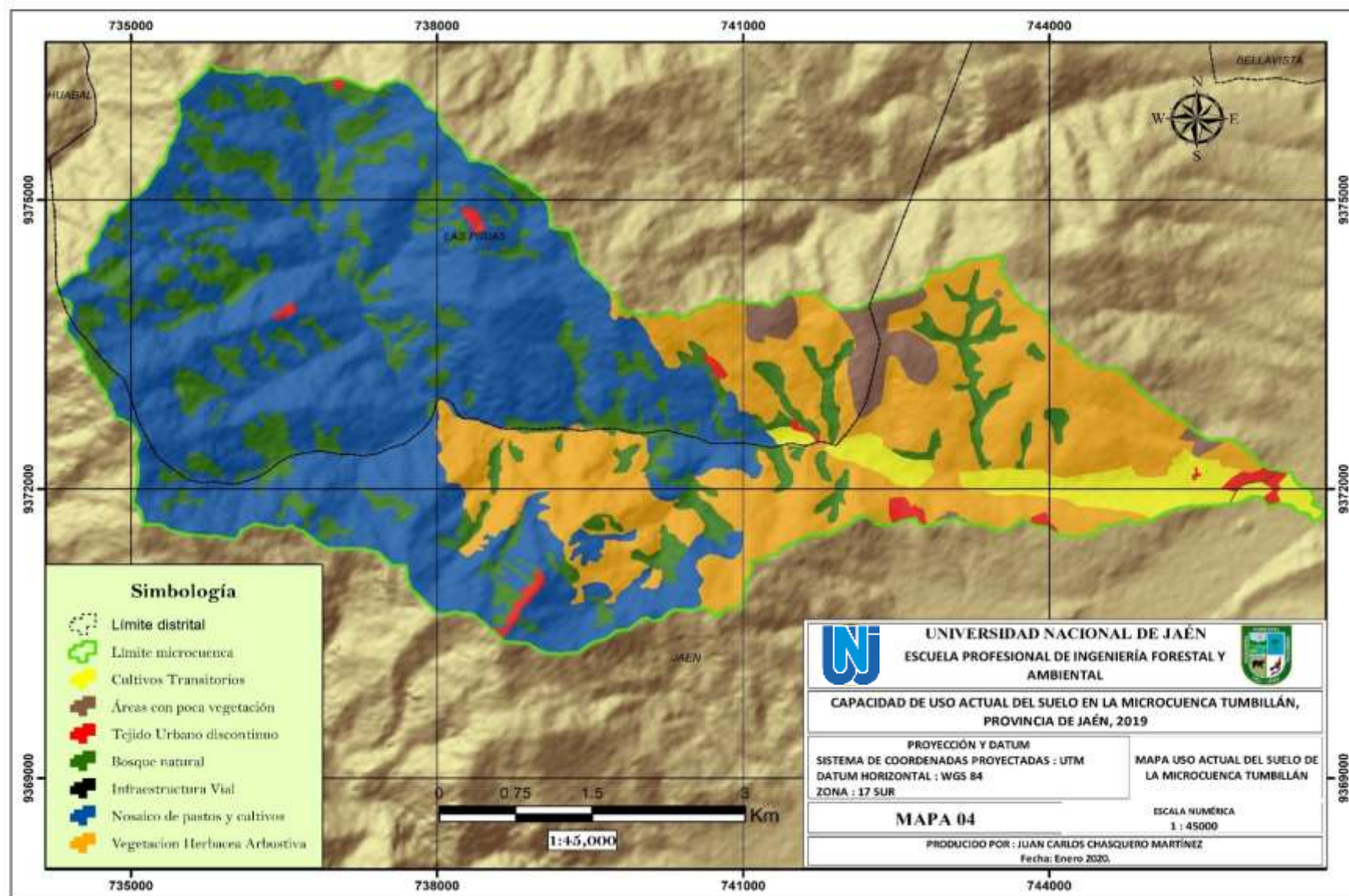
Fuente: Elaboración propia

Quintop



57

Anexo 15. Mapa de Uso Actual del Suelo para el año 2020

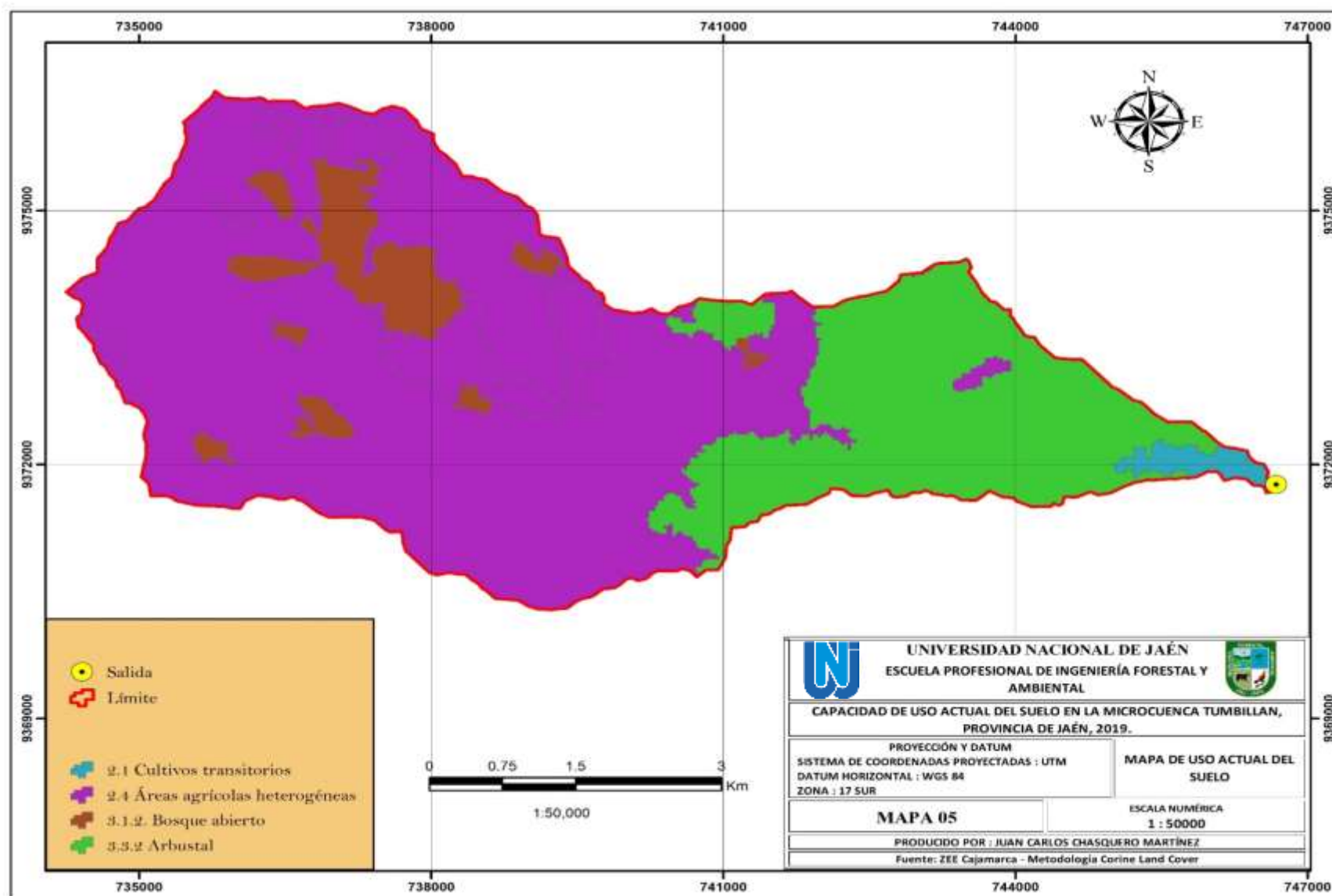


Fuente: Elaboración propia

[Handwritten signature]

[Handwritten signature]

Anexo 16. Mapa de Uso Actual del Suelo según la ZEE Cajamarca

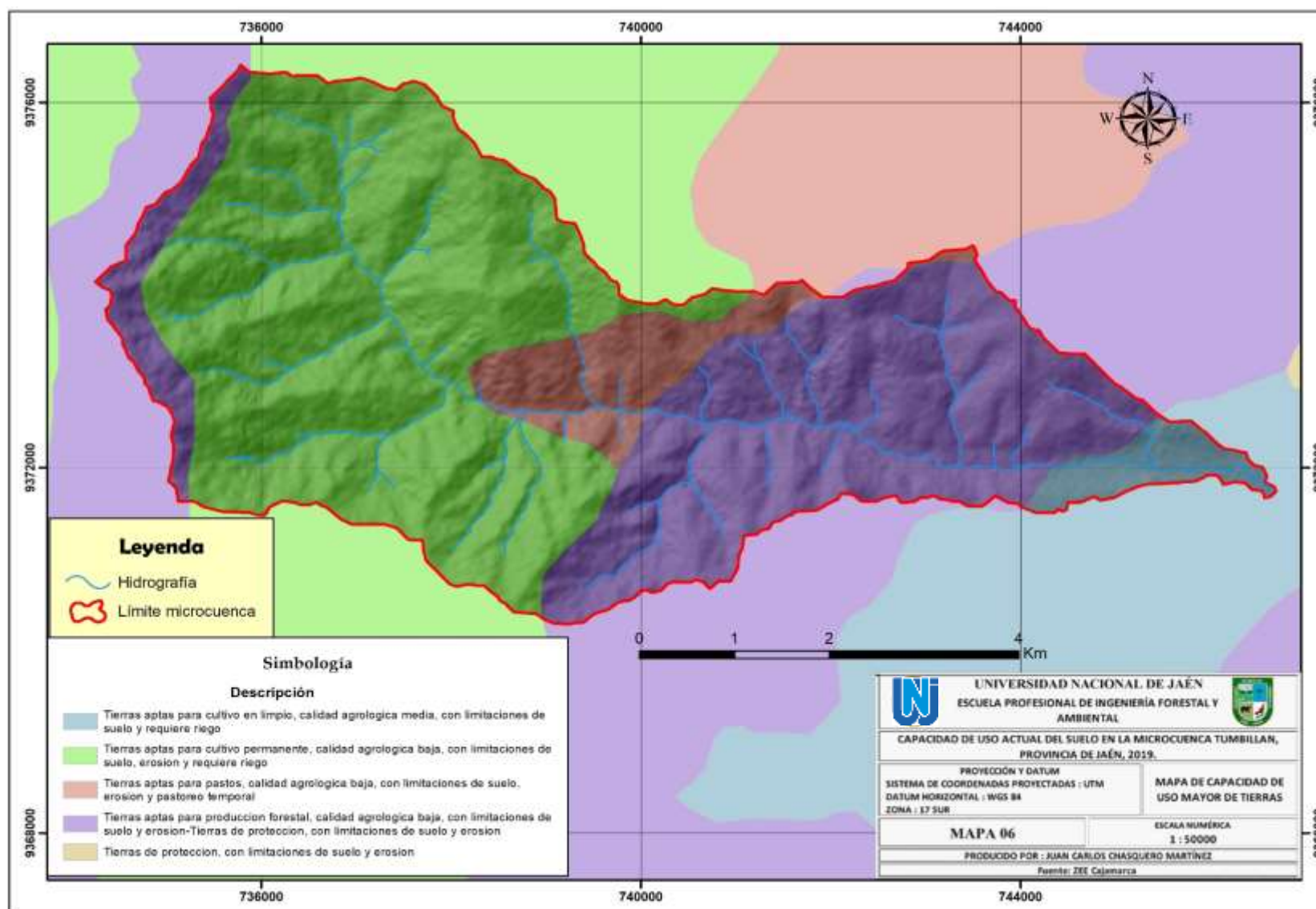


Fuente: Elaboración propia

[Handwritten signature]

[Handwritten signature]

Anexo 17. Mapa de Capacidad de Uso Mayor según ZEE Cajamarca

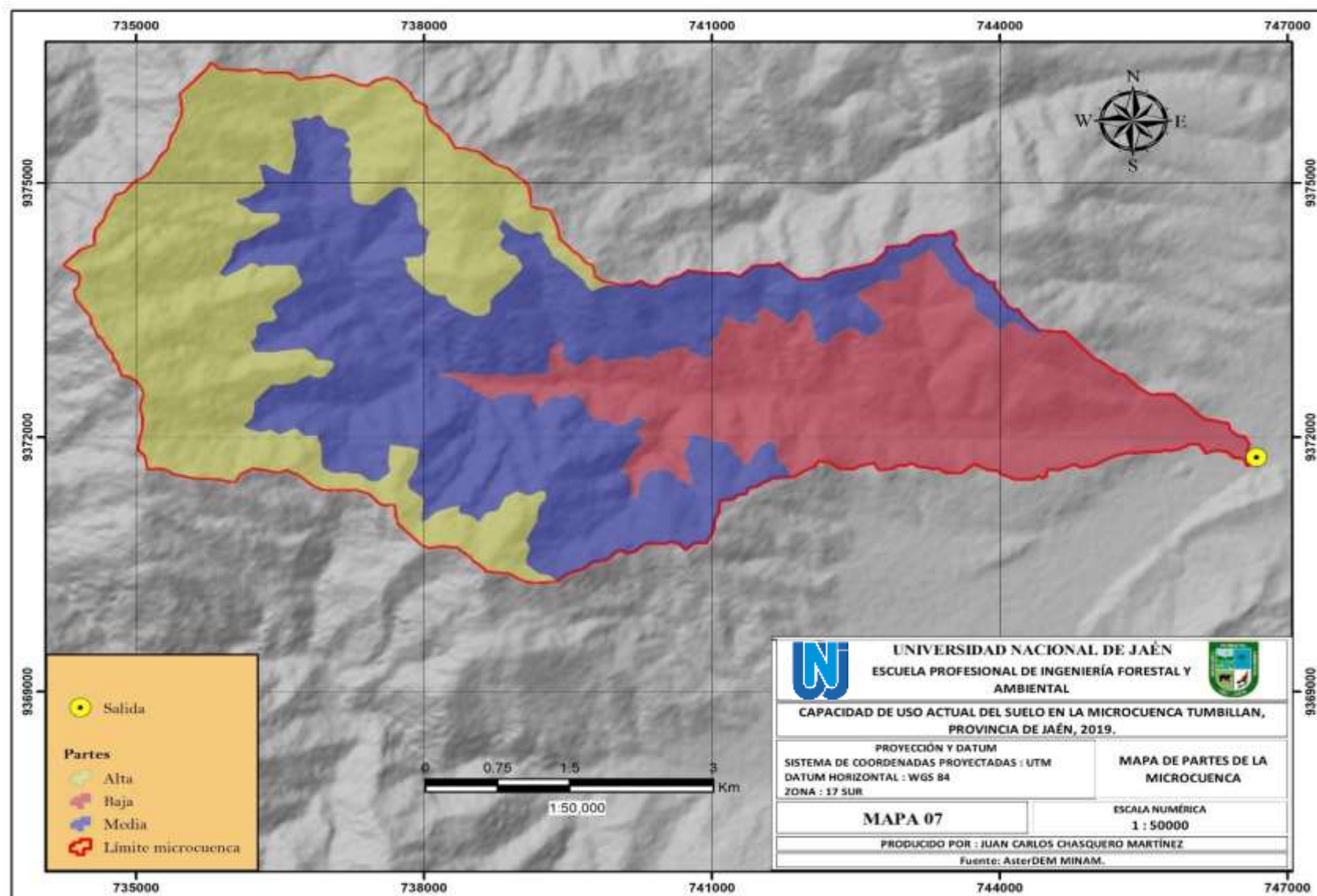


Fuente: Elaboración propia

[Handwritten signature]

[Handwritten signature]

Anexo 18. Mapa de las partes de la microcuenca Tumbillán

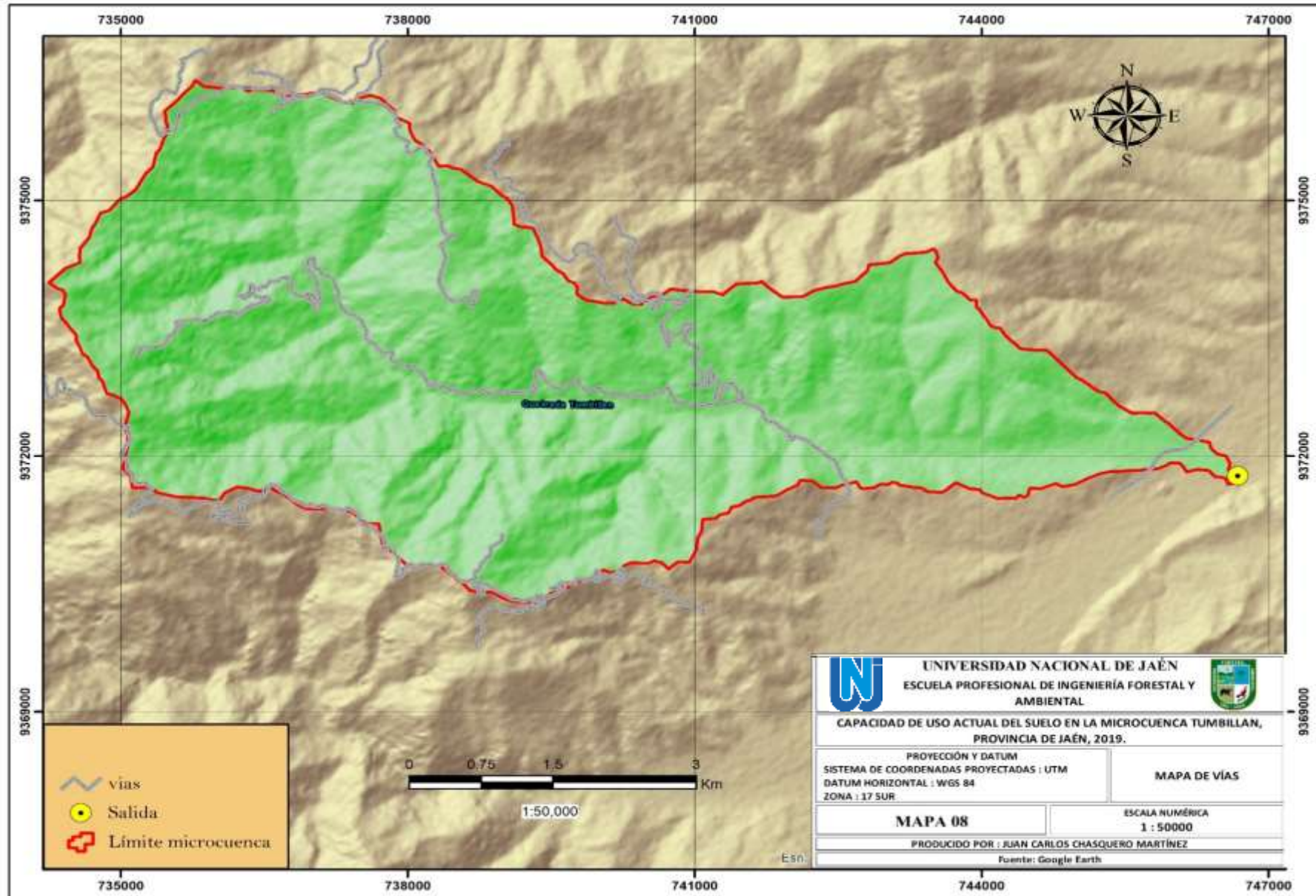


Fuente: Elaboración propia

Juan Carlos Chasquero Martínez

Juan Carlos Chasquero Martínez

Anexo 19. Mapa de vías de acceso

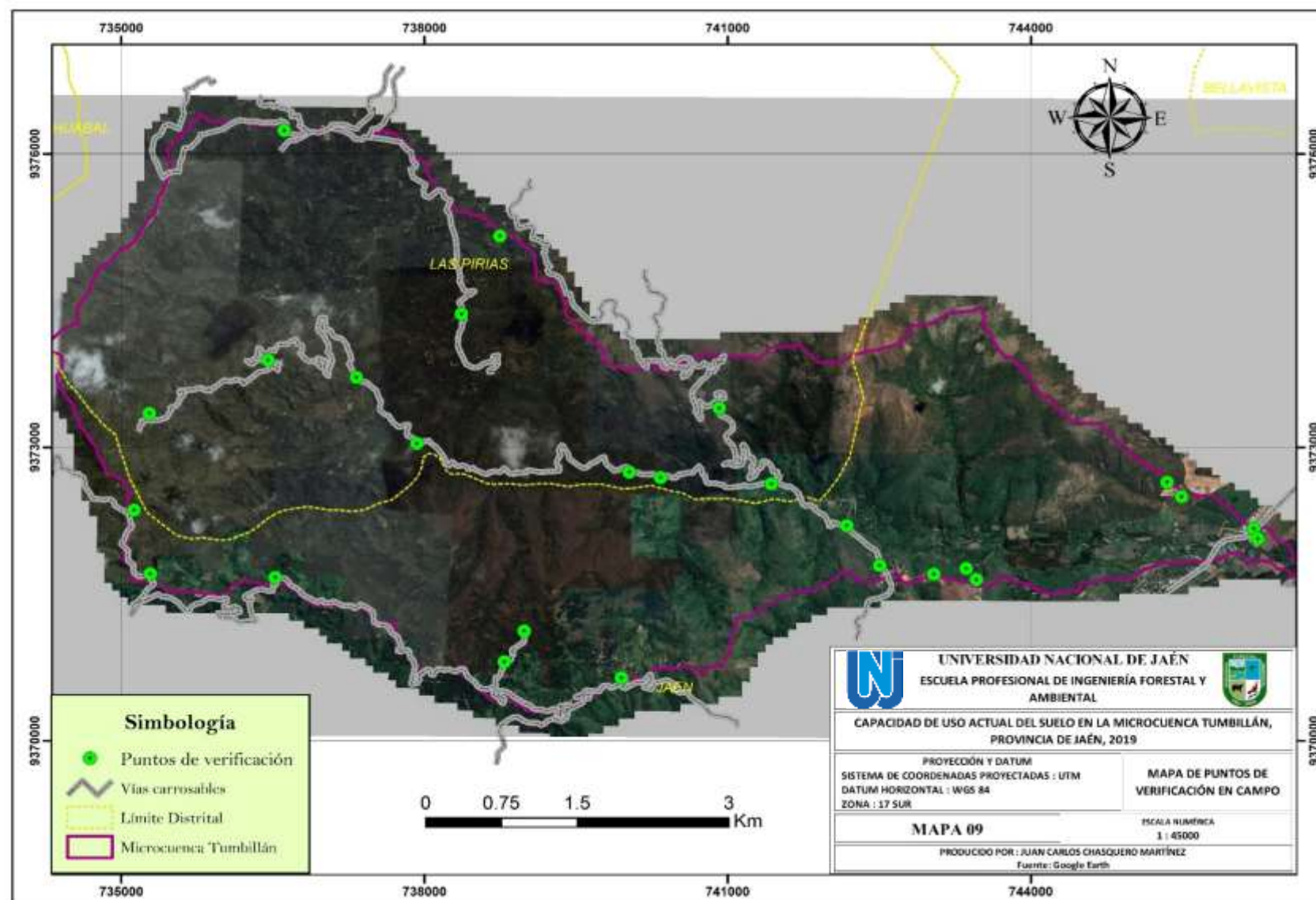


Fuente: Elaboración propia

[Handwritten signature]

[Handwritten signature]

Anexo 20. Mapa de puntos de verificación en campo



Fuente: Elaboración propia

David C. Lee

A handheld Garmin ACQUIRE 650 GPS device is shown. The screen displays a green map background. At the top, it shows coordinates 17 N 0740315 and 9372698 W. Below that, the time is 8:09 AM and the date is Saturday, February 8. There are four icons on the screen: a map icon labeled 'Mapa', a magnifying glass icon labeled 'Destino', a globe icon labeled 'Mapa', and a red triangle icon labeled 'Mapa'. The Garmin logo is visible at the bottom of the device.



Anexo 22. Visita conjunta del tesista y el asesor a la microcuenca Tumbillán.



64

Anexo 23. Vías carrozables de acceso hacia el interior de la microcuenca.



Fuente: Propia, 2020.

Anexo 24. Vegetación herbácea - arbustiva en la parte media de la microcuenca.



Fuente: Propia, 2020.

Anexo 25 Avifauna de la microcuenca Tumbillán



Fuente: Segundo Sánchez Tello, 2019.

Anexo 26. Caudal de la Quebrada Tumbillán en la parte alta de la microcuenca.



Fuente: Propia, 2020.

Anexo 27. Verificación y Comprobación del Uso Actual del Suelo en Campo.



Fuente: Propia, 2020.

Handwritten signature

Handwritten signature