

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

**CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL Y
AMBIENTAL**



**DETERMINACIÓN DE CAMBIOS DE COBERTURA Y DE USO DEL
SUELO CON IMÁGENES SATELITALES, DE LA MICROCUENCA
DE LA QUEBRADA SHUMBA- JAÉN; PERIODO 1998-2020**

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

Autoras: Bach. Noemí Callirgos Jiménez

Bach. Mariela Judith Quispe Carhuapoma

Asesores: Dr. Segundo Sánchez Tello

Ing. Henry Sandoval Melendres

JAÉN – PERÚ, NOVIEMBRE, 2021

FORMATO 03: ACTA DE SUSTENTACIÓN

En la ciudad de Jaén, el día 19 de noviembre del año 2021, siendo las 17:10 horas, se reunieron los integrantes del Jurado:

Presidente: Lenin Quiñones Huatangari.

Secretario: Wilfredo Ruíz Camacho

Vocal: Candy Lisbeth Ocaña Zúñiga, para evaluar la Sustentación del Informe Final:

() Trabajo de Investigación

(X) Tesis

() Trabajo de Suficiencia Profesional

Titulado: DETERMINACIÓN DE CAMBIOS DE COBERTURA Y DE USO DEL SUELO CON IMÁGENES SATELITALES, DE LA MICROCUENCA DE LA QUEBRADA SHUMBA- JAÉN; PERIODO 1998-2020, presentado por las Bachilleres Noemí Callirgos Jiménez y Mariela Judith Quispe Carhuapoma de la Carrera Profesional de Ingeniería Forestal y Ambiental.

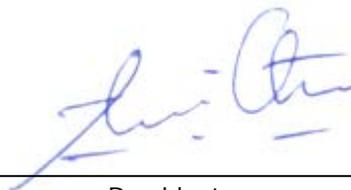
Después de la sustentación y defensa, el Jurado acuerda:

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

Con la siguiente mención:

- | | | |
|----------------|------------|--------|
| a) Excelente | 18, 19, 20 | () |
| b) Muy bueno | 16, 17 | () |
| c) Bueno | 14, 15 | () |
| d) Regular | 13 | (13) |
| e) Desaprobado | 12 ò menos | () |

Siendo las 18:33 horas del mismo día, el Jurado concluye el acto de sustentación confirmando su participación con la suscripción de la presente.



Presidente



Secretario



Vocal

ÍNDICE

ÍNDICE DE TABLAS.....	4
ÍNDICE DE FIGURAS	5
ÍNDICE DE ANEXOS	6
RESUMEN.....	7
ABSTRACT	8
I. INTRODUCCIÓN.....	9
II. OBJETIVOS.....	12
2.1. Objetivo general	12
2.2. Objetivos específicos.....	12
III. MATERIALES Y MÉTODOS	13
3.1. Materiales	13
3.1.1. Materiales de gabinete.....	13
3.1.2. Material cartográfico	13
3.1.3. Instrumentos y equipos.....	13
3.1.4. Softwares	13
3.1.5. Ubicación.....	14
3.1.6. Hidrografía	14
3.1.7. Población y características socioeconómicas	15
3.2. Metodología.....	15
3.2.1. Delimitación de la microcuenca	15
3.2.2. Análisis de los cambios de cobertura y uso del suelo	16
3.2.3. Determinación del índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI)	25
3.2.4. Caracterización morfométrica de la microcuenca de la quebrada Shumba.....	26
3.2.5. Elaboración de mapas temáticos	29
IV. RESULTADOS	30
4.1. Análisis de los cambios de cobertura y uso del suelo	30
4.1.1. Categorías identificadas de cobertura y uso de suelo según la clasificación Corine Land Cover	30
4.1.2. Cobertura y uso del suelo año 1998	31
4.1.3. Cobertura y uso del suelo año 2020	33
4.1.4. Cambio y no cambio del uso de suelo periodo 1998-2020	36
4.1.5. Transición de cobertura y uso de la tierra	38

4.1.6. Tendencia de la cobertura y uso del suelo en la microcuenca de la quebrada Shumba.....	41
4.2. Índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI).....	42
4.3. Caracterización morfométrica de la microcuenca de la quebrada Shumba.....	42
4.3.1. Datos generales.....	42
4.3.2. Parámetros morfométricos	43
4.4. Mapas temáticos	44
V. DISCUSIÓN.....	55
VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	57
6.1. Conclusiones	57
6.2. Recomendaciones.....	58
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	59
AGRADECIMIENTO	63
DEDICATORIA.....	64
ANEXOS.....	65






ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Población censada 2007- 2017	15
Tabla 2. Procedimiento para la delimitación en ArcGIS	15
Tabla 3. Datos de las imágenes satelitales.....	16
Tabla 4. Bandas y aplicaciones de las imágenes del satélite Landsat 5	18
Tabla 5. Bandas y aplicaciones de las imágenes del satélite Landsat 8	19
Tabla 6. Valores utilizados en la segmentación	21
Tabla 7. Información complementaria.....	22
Tabla 8. Valoración del coeficiente Kappa	24
Tabla 9. Cobertura y uso del suelo identificados en la microcuenca de la quebrada Shumba	30
Tabla 10. Matriz de confusión año 1998	31
Tabla 11. Resultados de los indicadores de precisión del mapa 1998.....	32
Tabla 12. Superficie de las categorías obtenidas en la microcuenca de la quebrada Shumba año 1998.....	32
Tabla 13. Matriz de confusión año 2020	34
Tabla 14. Resultados de los indicadores de precisión del mapa 2020.....	34
Tabla 15. Superficie de las categorías obtenidas en la microcuenca de la quebrada Shumba año 2020.....	35
Tabla 16. Perdida o ganancia de la cobertura y uso del suelo, periodo 1998- 2020	37
Tabla 17. Transición de la cobertura y uso de suelo, periodo 1998-2020.....	40
Tabla 18. Resumen de los índices de vegetación normalizada (NDVI).....	42
Tabla 19. Datos generales de la Microcuenca	42
Tabla 20. Parámetros morfométricos de la microcuenca de la quebrada Shumba	43

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Proceso de clasificación para la representación cartográfica.....	20
Figura 2. Distribución porcentual de cobertura en la microcuenca de la quebrada Shumba para el año 1998	33
Figura 3. Distribución porcentual de cobertura en la microcuenca de la quebrada Shumba año 2020.....	36
Figura 4. Cambio y no cambio del uso del suelo periodo 1998-2020.....	38
Figura 5. Tendencias de cobertura vegetal y uso de suelo 1998- 2020.....	41
Figura 6. Mapa de ubicación política, geográfica e hidrográfica de la microcuenca de la quebrada Shumba.....	45
Figura 7. Mapa de hidrografía de la microcuenca de la quebrada Shumba.....	46
Figura 8. Mapa de distribución geográfica de los puntos de verificación.....	47
Figura 9. Mapa de cobertura y uso del suelo año 1998	48
Figura 10. Mapa de cobertura y uso de suelo año 2020	49
Figura 11. Mapa de cambio y no cambio 1998-2020	50
Figura 12. Mapa de transición de la cobertura y uso del suelo 1998-2020	51
Figura 13. Mapa de NDVI periodo 1998.....	52
Figura 14. Mapa de NDVI periodo 2020.....	53
Figura 15. Mapa de orden de corrientes de la microcuenca de la quebrada Shumba.....	54
Figura 16. Tejido urbano continuo (Tu), distrito de Huabal	73
Figura 17. Aeropuerto (Ae) de Shumba	74
Figura 18. Cultivos transitorios (Ct), de arroz en el caserío el Puquio- Bellavista	74
Figura 19. Mosaico de cultivos pastos y espacios naturales (Mcpn), en el caserío San Ramon Alto- Huabal	75
Figura 20. Vegetación herbácea (Var/her)	76
Figura 21. Vegetación arbustiva del caserío Canana- Bellavista	76
Figura 22. Visita conjunta del asesor y tesistas a la microcuenca de la quebrada Shumba	77

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Leyenda Corine Land Cover adaptada para Perú	65
Anexo 2. Descripción de las categorías de clasificación Corine Land Cover identificadas en la microcuenca de la quebrada Shumba.	67
Anexo 3. Coordenadas de puntos de verificación en campo	69
Anexo 4. Valores interpretativos del factor de forma	71
Anexo 5. Formas de la cuenca de acuerdo al índice de compacidad.....	71
Anexo 6. Clasificación del relieve de una cuenca de acuerdo a su pendiente.....	71
Anexo 7. Clases de pendiente del cauce en (%)	72
Anexo 8. Clases de densidad de drenaje.....	72
Anexo 9. Clases de tiempo de concentración (min)	72
Anexo 10. Panel fotográfico de la validación in situ del mapa de cobertura y uso de suelo	73
Anexo 11. Boleta de venta electrónica: Licencia ESRI.....	78



RESUMEN

Esta investigación determinó, cambios de cobertura y de uso del suelo en la microcuenca de la quebrada Shumba-Jaén, periodo 1998- 2020. La clasificación supervisada, se realizó con la metodología Corine Land Cover (CLC) en un nivel II y III, desarrollada por el Ministerio del Ambiente (MINAM), teniendo como insumos las imágenes: Landsat 5 (1998), Landsat 8 (2020) con resolución de 30 m y modelo de elevación digital de 90 m, empleando los Softwares: Arcgis 10.5, Envi 4.8, Envi zoom 4.8, RGui 2.15; aplicando el algoritmo *Random Forest*, se generó mapas temáticos, con un valor de índice kappa de 0.96 para el año 1998 y 0.86 en el año 2020". En el periodo de 22 años, la cobertura y uso del suelo sufrió un cambio equivalente a 4 942.294 ha (14.45 %) y no cambio equivalente a 29 262.09 ha (85.55 %) del área total de la microcuenca. Las categorías que ganaron superficie son: Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales (Mcpen) +1 861.065 ha, cultivos transitorios (Ct) +344.125 ha, tejido urbano continuo (Tu) +117.744 ha, tierras desnudas (Td) +31.535 ha, aeropuertos (Ae) +0.127 ha; por lo contrario en cuanto a las categorías que presentaron un cambio negativo tenemos: Vegetación arbustiva/herbácea (Var/Her) -241.885 ha y bosque denso alto (Bda) - 112.711 ha.

Palabra clave: Cobertura, uso de suelo, imágenes satelitales, microcuenca.

ABSTRACT

This research determined, changes in coverage and land use in the micro-basin of the Shumba-Jaén stream, period 1998-2020. The supervised classification was carried out with the Corine Land Cover (CLC) methodology at levels II and III, developed by the Ministry of the Environment (MINAM), having as inputs the images: Landsat 5 (1998), Landsat 8 (2020) with a resolution of 30 m and a digital elevation model of 90 m, using the Softwares: Arcgis 10.5, Envi 4.8, Envi zoom 4.8, RGui 2.15; applying the Random Forest algorithm, thematic maps were generated, with a kappa index value of 0.96 for the year 1998 and 0.86 in the year 2020”. In the 22-year period, land cover and use underwent a change equivalent to 4,942,294 ha (14.45%) and no change equivalent to 29,262.09 ha (85.55%) of the total area of the micro-basin. The categories that gained surface area are: Mosaic of crops, pastures and natural spaces (Mcpen) +1 861,065 ha, temporary crops (Ct) +344,125 ha, continuous urban fabric (Tu) +117,744 ha, bare lands (Td) +31,535 ha, airports (Ae) +0.127 ha; On the contrary, regarding the categories that presented a negative change, we have: Shrub / herbaceous vegetation (Var / Her) -241,885 ha and high dense forest (Bda) -112,711 ha.

Keyword: Coverage, land use, satellite images, micro-basin.

I. INTRODUCCIÓN

Sepúlveda, Saavedra y Esse (2019) realizaron el análisis de cambio de cobertura y uso del suelo en una subcuenca preandina chilena, para los años 1994-2007. La metodología empleada consistió en el análisis cartográfico, matriz de confusión e índice de kappa y análisis/cuantificación de cambios. Concluyeron que las coberturas que presentaron aumento de superficie fueron la categoría “plantaciones forestales” con una tasa positiva de 432 ha año⁻¹, seguido de “bosque nativo y matorral” con una ganancia de 214 ha año⁻¹. Las coberturas que presentaron pérdida de superficie fueron la categoría “cultivos y praderas naturales” con una tasa de reducción de 614 ha año⁻¹ y la categoría “praderas perennes” con una pérdida de 44 ha año⁻¹. En la subcuenca, el cambio de cobertura se concentra en el 14% de la superficie total de la misma, representado el uso intensivo del suelo en esas áreas.

Alvarado & Mainato (2021) en su investigación “Herramientas SIG para el estudio de la cobertura vegetal y cambio de uso de suelo en el Cantón Chunchi, Provincia del Chimborazo”. Cuantificaron y analizaron la variación de cobertura vegetal y tasa de cambio de uso de suelo, a través del procesamiento de imágenes satelitales Landsat de los años 2000, 2010 y 2020. La clasificación de imágenes fue validada por matrices de confusión donde los índices kappa fueron de 0.76, 0.93 y 0.94, para los respectivos años. Las tasas de cambio anuales mostraron un crecimiento de 6.14 % en las zonas descubiertas/sin presencia de vegetación, 4.99 % en pastizales, 2.63 % en zonas antrópicas y 0.62 % en zonas vegetativas/arbustivas. Por otro lado, para los pajonales y zonas vegetativas/arbustivas disminuyó en un 5.04 % y 5.41 % respectivamente.

Maquera (2020) analizó el cambio de la cobertura y uso de suelo de la región Tacna para un periodo de 10 años (2007- 2017), a través de la fotointerpretación de imágenes satelitales Landsat, realizó la clasificación supervisada de los diferentes tipos de cobertura con el sistema de clasificación Corine Land Cover (CLC). Distinguió 5 categorías de nivel I, 12 categorías de nivel II, 31 categorías de nivel III y 17 categorías nivel IV. El análisis de la matriz de transición reveló una tendencia al incremento de superficies dedicadas a las

actividades humanas, áreas agrícolas y áreas artificializadas presentando porcentajes de tasa de cambio de 3.10 % y 9.71 %, en un lapso de 10 años, respectivamente. En consecuencia, se observó una disminución de (-0.21 % tasa anual) de superficies de cobertura bosques y áreas mayormente naturales, específicamente áreas con poca vegetación, encontrándose similitudes con trabajos realizados a nivel nacional, donde se ha demostrado la transición de coberturas naturales por el incremento de actividades antropogénicas.

Wittng (2019), en su investigación realizada en el distrito de Codo del Pozuzo de la región Huánuco, para analizar el cambio de la cobertura vegetal y el uso del suelo entre los años 1990 - 2016, utilizó el procesamiento digital de imágenes del satélite Landsat 7 y 8 registradas entre estos años, a través de la metodología de clasificación supervisada mediante el programa Envi 5.x y ArcGIS 10.x. Las imágenes 1990 y 2016 las clasifiqué de acuerdo a la metodología Corine Land Cover, en cinco grandes coberturas y con un acierto del 89.286 % en campo y una exactitud de productor y usuario de 99.5% y 89.66%. Concluyó que la cobertura para el año 1990 corresponde al bosque denso alto y para el 2016 hay una disminución considerable de estos. El área de bosque denso alto del distrito de Codo del Pozuzo tuvo una pérdida de 93 692.27 ha, mientras que los bosques densos bajos también perdieron superficie 18 974 ha, con una tasa de deforestación de anual de -0.018% y -0.012% respectivamente, entre los años 1990 y 2016. Esto se puede explicar principalmente por el incremento de pastizales que aumentó drásticamente en 81 124.75 ha en los últimos 26 años.

En la tesis de pregrado análisis de la relación entre el cambio de la cobertura vegetal y la cantidad de agua 1995- 2019 en la microcuenca Amojú -Jaén. Según (Ato & González, 2019) para determinar la variación de cobertura vegetal con imágenes satelitales Landsat 5 y Landsat 8, utilizaron la clasificación supervisada de los diferentes tipos de cobertura a través del sistema de clasificación Corine Land Cover (CLC). Evaluando en el nivel III, identificaron siete categorías: Tejido urbano continuo (111), cultivos transitorios (211), mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales (243), bosque denso alto (313), bosque abierto bajo (312), vegetación arbustiva/ herbácea (334), y tierras desnudas (343). Para determinar la variación del caudal utilizaron datos de caudales recolectados (1995) y los datos (2019) se obtuvieron por medición propia a través del método del correntómetro. Los resultados indican que el área cubierta de bosque denso alto ha disminuido en 2 638.64 has y el caudal en 1.50032 m³/s. Estimar la relación promedio de caudal/bosque 1:1646.582 y

bosque/caudal 1:0.00061 y concluyeron que la cobertura vegetal analizada influyó en la variación del caudal de la microcuenca Amojú.

Oblitas (2017), utilizó imágenes satelitales Landsat (5,7 y 8) y modelo de elevación digital 30 m, con el objetivo de determinar el cambio de cobertura 2001-2013 del bosque tropical estacionalmente seco (BTES) de la cuenca Amojú- Jaén. Identificó 3 clases de cobertura y uso de la tierra según la metodología de Corine Land Cover (CLC) para BTES: Bosque abierto bajo, arbustal y vegetación arbustiva herbácea. En el proceso de clasificación con el algoritmo Random forest, se obtuvieron los índice Kappa para los años :2001, 2007 y 2013, teniendo como resultados los valores: 0.9928, 0.9928 y 0.9925. El área de cuenca Amojú es de 42 733.2656 hectáreas, de las cuales el año 2001 estuvo cubierta por 18 718.6729 ha de BTES con una disminución de 2 152.7483 ha al año 2013.

En la microcuenca de la quebrada Shumba el cambio de cobertura y uso del suelo es generado por las actividades agrícolas, ganaderas, actividades industriales, el crecimiento demográfico urbano y rural, etc. La gestión inadecuada de la microcuenca está generando alteración en el ciclo hidrológico, erosión de suelos, inadecuado tratamiento de los residuos sólidos, alteración de los ecosistemas, pérdida de flora y fauna nativa de la zona, etc; además de escases de agua para consumo humano y riego, en los meses de estiaje (junio- noviembre), causando malestar y pérdidas económicas en los cultivos de la población ubicada en la parte baja de la misma. La importancia de este estudio radica en conocer ¿Cuáles son los cambios ocurridos en la cobertura y uso del suelo, de la microcuenca de la quebrada Shumba- Jaén; periodo 1998- 2020?

Los resultados de esta investigación permitieron evaluar el cambio de cobertura y uso de suelo en la microcuenca de la quebrada Shumba y conocer los parámetros morfométricos de la microcuenca. Esta información servirá como una herramienta esencial en la planificación territorial, planes de desarrollo ambiental y conservación de recursos hídricos.

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

- Determinar cambios de cobertura y de uso del suelo mediante imágenes satelitales, de la microcuenca de la quebrada Shumba- Jaén; periodo 1998-2020.

2.2. Objetivos específicos

- Analizar los cambios de cobertura y de uso del suelo en la microcuenca de la quebrada Shumba, utilizando imágenes satelitales y observación directa, periodo 1998-2020.
- Calcular el índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI), derivados de las imágenes Landsat para estimar el estado de la cobertura vegetal.
- Realizar caracterización morfométrica de la microcuenca de la quebrada Shumba.
- Elaborar mapas temáticos periodo 1998-2020.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Materiales

3.1.1. Materiales de gabinete

- Libretas de apuntes
- Formatos de campo
- Lápices y lapiceros
- Papel bond A4 de 80 gramos

3.1.2. Material cartográfico

- Modelo de elevación digital (DEM) con resolución de 30 metros del Geo servidor MINAM.
- Imágenes satelitales Landsat (1998-2020)
- Base de Geoidep (www.idep.gob.pe):
- Shapefiles : Unidades hidrográficas; limite distrital, red vial nacional, red vial vecinal, centros poblados, ríos navegables, ríos no navegables y quebradas, capital de distritos.

3.1.3. Instrumentos y equipos

- Navegador GARMIN GPS
- Cámara fotográfica profesional
- Binoculares de largo alcance
- Laptop
- Impresora

3.1.4. Softwares

- Microsoft Office 2013
- ArcGIS 10.5

- Envi 4.8
- Envi zoom 4.8
- RGui 2.15.2

3.1.5. Ubicación

La microcuenca de la quebrada Shumba, se encuentra ubicada en el departamento de Cajamarca, provincia de Jaén y abarca parte de los distritos de San José del Alto, Jaén, Las Pirias y Bellavista, tiene una extensión de 34 204.38 hectáreas. Hidrográficamente pertenece a la cuenca Chinchipe.

3.1.6. Hidrografía

El sistema hidrográfico de la microcuenca de la quebrada Shumba, está conformado por: La quebrada principal Shumba, quien desemboca en el río Chinchipe. Teniendo como tributarios las quebradas: Osos, Anchuma, Esperanza, Chacuyacu, Algarrobal, sánora Pangarillo, etc.

3.1.7. Población y características socioeconómicas

Tabla 1. Población censada 2007- 2017

Censos nacionales de población y vivienda	Distrito / población total				
	Huabal	Las Pirias	Jaén	Bellavista	San José del Alto
Censos Nacionales 2007. XI de población y VI de vivienda	7 732	4 344	86 021	15 571	6 936
Censos Nacionales 2017. XII de población, VII de vivienda y III de comunidades indígenas	7 642	4 275	94 153	15 447	6 960

Fuente: INEI- Censos nacionales de población y vivienda, 2007 Y 2017

3.2. Metodología

3.2.1. Delimitación de la microcuenca

Se realizó en el software ArcGIS 10.5, teniendo como insumo el shapefile de la quebrada Shumba y modelo de elevación digital (DEM). Siguiendo procedimiento de la Tabla 2.

Tabla 2. Procedimiento para la delimitación en ArcGIS

Herramienta	Descripción	Entrada	Archivo de salida
Fill	Corrige el modelo de elevación digital (DEM).	DEM	DEM corregido, rellenado los pixeles vacíos
Flow Dierrection	Calcula el raster de dirección de flujo.	DEM corregido	Dirección de flujo
Flow Accumulation	Calcula la acumulación de fluido en una celda	Dirección de flujo	Acumulación de flujo

Create New Shapefile	Crear un punto geográfico “salida” donde desemboca la quebrada Shumba.		Shapefile “salida”
Interpole Shape	Interpolar el shapefile “salida”, para obtener su altura.	DEM corregido y shapefile “salida”	Shapefile “salida 3D”
Watershed	Sirve para realizar la delimitación de la cuenca.	Dirección de flujo y “shapefile” salida 3D.	Raster microcuenca de la quebrada Shumba.
Raster to Polygon	Sirve para pasar la microcuenca Shumba de raster a polygon	Raster microcuenca Shumba	Microcuenca shumba en polígono.
Projet	Sirve para re proyectar la microcuenca a WGS_1984_UTM_Zona_17S.	Microcuenca shumba en polígono	Shapefile microcuenca de la quebrada Shumba

Fuente: Elaboración propia

3.2.2. Análisis de los cambios de cobertura y uso del suelo

A. Adquisición de las imágenes satelitales y modelo de elevación digital (DEM)

Las imágenes satelitales Landsat, se descargaron de forma gratuita vía internet del servidor <https://earthexplorer.usgs.gov/>, se consideró que el porcentaje de nubes sea menor al 20 % de cubrimiento de la imagen y cubran el área de estudio.

Tabla 3. Datos de las imágenes satelitales

ID	Satelite	Banda	Año	Fecha
LT5_L1TP_00964_19981128_2016122_01_T1	Landsat5	7	1998	28/11/1998
LC08_L1TP_00964_20201007_20201016_1T1	Landsat8	11	2020	07/10/2020

Fuente: Elaboración propia

El modelo de elevación digital se obtuvo a través del geo servidor del Ministerio del Ambiente

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

B. Pre-procesamiento de las imágenes satelitales.

Unión de bandas: Se realizó el software Envi 4.8, mediante la herramienta Layer Stacking.

Corrección geométrica: Consistió en re-proyectar las imágenes satelitales al sistema de coordenadas WGS_1984_UTM_Zona_17S, debido a que las imágenes descargadas se encuentran en el sistema de coordenadas WGS_1984_UTM_Zona_17N. Se uso la herramienta Reproject Raster del software Envi 4.8.

Creación de shapefile margen: Hecho en el software ArcGIS 10.5, el cual sirvió para delimitar el área de trabajo y posteriormente cortar las imágenes Landsat 5 y 8 en el software Envi 4.8, esto facilitará los análisis posteriores.

C. Identificación de categorías de cobertura y uso de suelo

Se realizó, la interpretación de las imágenes satelitales (combinación de bandas) y datos obtenidos en la salida a campo, adaptándose a lo establecido en la leyenda Corine Land Cover (CLC) en un nivel II y III, desarrollada por el Ministerio del Ambiente (MINAM), la cual se muestra en la Tabla 9.

Tabla 4. Bandas y aplicaciones de las imágenes del satélite Landsat 5

Combinación de bandas	Aplicaciones
321	Esta composición es denominada "Color natural". Presenta los colores tal y como los ve el ojo humano.
432	Esta es la composición estándar denominada "Falso color". La vegetación aparece en tonos rojizos, las áreas urbanas son celestes y los suelos varían de marrón oscuro.
742	Utilizada para identificar morfología y estructuras morfológicas del terreno, siendo una combinación ideal para áreas secas
453	Con esta combinación de bandas las condiciones y tipo de vegetación presentes muestran una variada gama de colores y tonalidades (marrón, verde, naranja).
753	Esta combinación de bandas provee una apariencia de interpretación "natural". La vegetación aparece en tonos de verde oscuro y claro, las características urbanas son de color blanco.
451	Utilizada para el estudio de la vegetación y aguas poco profundas, no es buena combinación para mapeo urbano.
543	Esta combinación es útil para estudios de vegetación y es ampliamente utilizada en el sector maderero para manejo y control de pestes.
541	Esta combinación resulta mejor en estudios del sector agrícola.
754	Esta combinación no incluye bandas visibles, lo que le otorga la mejor penetración atmosférica. Puede ser utilizada para buscar texturas y humedades de los suelos.

Fuente: INEGI, 2011

Tabla 5. Bandas y aplicaciones de las imágenes del satélite Landsat 8

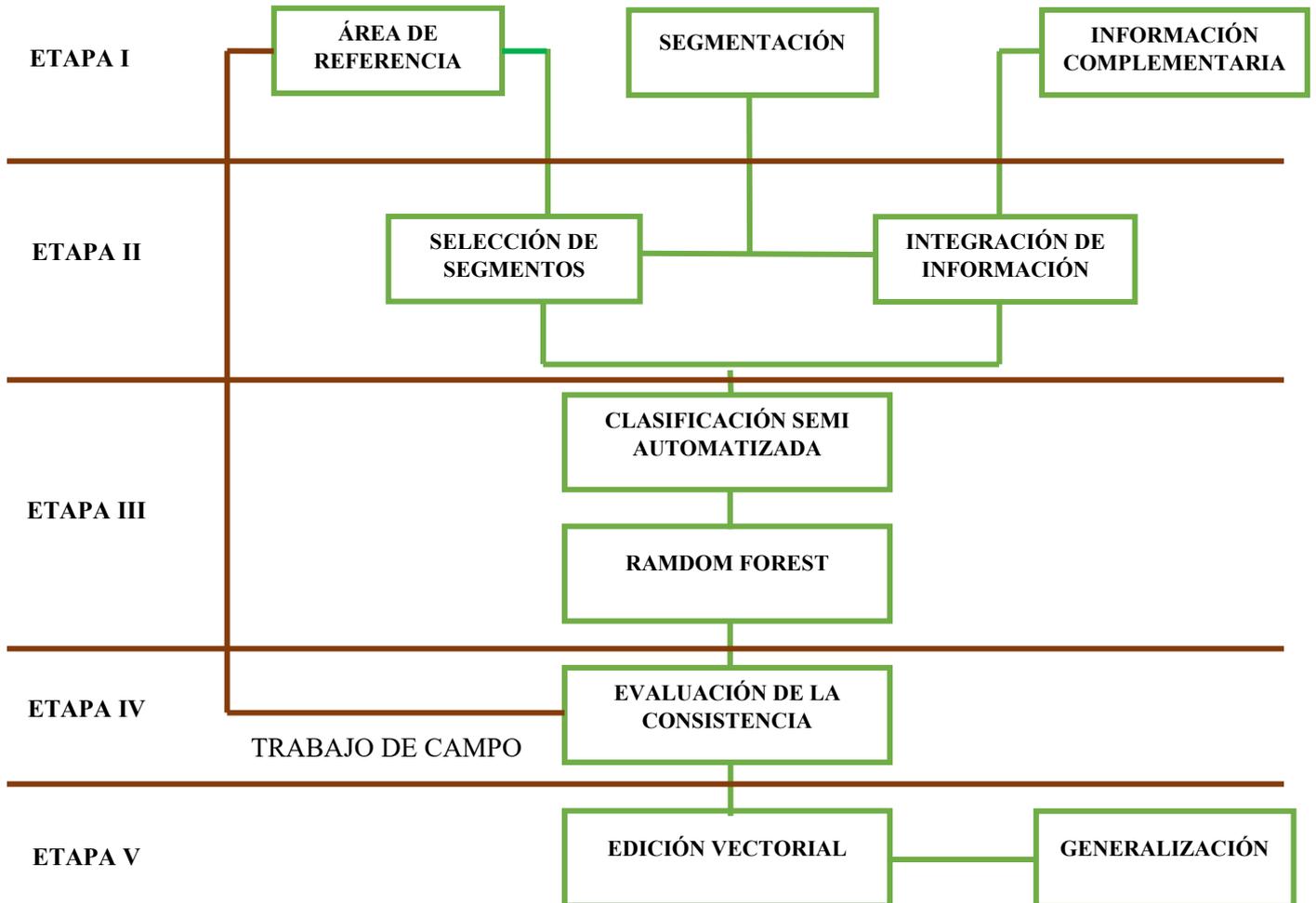
Descripción	Combinación de bandas
Color natural	432
Falso color (urbano)	746
Color infrarrojo (vegetación)	543
Agricultura	652
Penetración atmosférica	765
Tierra/ agua	564
Natural con remoción atmosférica	753
Infrarrojo de onda corta	754
Análisis de vegetación	654

Fuente. Adaptado de USGS, 2013.

D. Clasificación

Este proceso se realizó en cinco etapas de clasificación, descritas en la Figura 1.

Figura 1. Proceso de clasificación para la representación cartográfica



Fuente: Elaboración propia, basado en MINAN 2014. Análisis de las Dinámicas de Cambio de Cobertura de la Tierra en la comunidad Andina.

Etapa I

Segmentación: Se realizó en el Software Envi zoom 4.8, mediante la herramienta Feature Extracción, teniendo como función la extracción de áreas y luego clasificarlos en base a sus atributos espectrales y relaciones espaciales, para realizar la segmentación que mas se ajuste a la escena se utilizó dos parametros :

Scale y Merge, despues de realizar varias combinaciones, se asignó los siguientes valores (Tabla 6), ya que mejor resultado dieron a la segmentación.

Tabla 6. Valores utilizados en la segmentación

Segmentación	Landsat 5	Landsat 8
Escale	30	30
Merge	40	40

Fuente: Elaboració propia

Areas de referencia:

En el software ArcGis,se creo un shapefile aeita_1 de forma geométrica (poligono), donde se generaran las áreas de entrenamiento, teniendo como referencia los segmentos generados en el paso anterior y la interpretación visual de las imágenes satelitales Landsat 5 y Landsat 8, este shapefile sirvió como insumo para la selección de segmentos.

Información complementaria

Esta información se generó de la imagen satelital y el modelo de elevación digital(DEM) . Utilizando el software Envi 4.8, generamos algunos indicadores (Tabla 7), que sirvieron como insumo para la clasificación. Posteriormente se realizó un compilado y descompilado para asegurarse que tengan una misma extensión, tamaño de celda, proyección espacial y estén almacenadas los índices en un mismo directorio.

Tabla 7. Información complementaria

Imagen Satelital	Modelo de elevación digital(DEM)
a. Índice de vegetación normalizada (NDVI)	a. Información topografica
b. Tasseled Cap	b. Indicador de superficie
. Índice de brillo (brightness)	. Pendiente
. Índice de verdor (greenness)	.Curvatura maxima y
. Índice de humedad (wetness)	mínima

Fuente: Elaboración propia

Etapa II

Selección de segmentos (áreas de entrenamiento)

Consistió en realizar el cruce de areas de entrenamiento que contiene ID_leyenda Corine Land Cover (ae_ita1), con la segmentación (seg), mediante un join, obteniendo como resultado Segselec_A1. Para este proceso se utilizó el Mode Builder Coberturas_tablas para R (1-Selección hasta Raster segmentos), optenido del Ministerio del Ambiente.

Integración de información

Se realizó en el software RGui.2.15.2, mediante el algoritmo “recogiendoInfoRaster”, optenido del ministerio del ambiente; consisitó en unir la informaión obtenida del ráster DEM (características topográficas como curvatura máxima, curvatura mínima y la pendiente) y del archivo ráster proveniente de la imagen satelital del área de referencia, así como el índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI) y el Tasseled Cap (índice de brillo, índice de verdor, índice de humedad). Finalmente se generó una tabla llamada “Todo_seg”, en formato dbf. Y Rdata.

Etapas III

Clasificación semiautomática-Random forest

Se realizó la clasificación con los datos obtenidos de la integración de información (todo_seg), los segmentos seleccionados (SegSelec_A1.shp) y la segmentación en formato raster (aeita_1). Se aplicó el algoritmo Random Forest a los segmentos seleccionados, script:Filtrar.tabla.todo.rf.2.R., obteniendo un mapa preliminar de cobertura y uso de suelo en formato raster, además se evaluó la consistencia del mapa a través de métricas cuantitativas: Matriz de confusión, índice kappa (K) y el porcentaje correctamente clasificado (PCC).

Random forest.- Es un algoritmo de clasificación no lineal que permite identificar patrones en los datos que se incorporan como entrada de información, dicho algoritmo construye cientos de árboles de regresión y emplea un sistema de “votos” entre el conjunto de árboles para “decidir” la clase; cada árbol calibrado es un voto, y se asigna la clase en función de cuántos votos obtiene cada una de las unidades a ser clasificadas.

Matriz de confusión.- Se genera al emplear el algoritmo Random Forest. La cual nos brinda medidas para evaluar la exactitud a nivel de clases (exactitud global, exactitud del usuario y exactitud del productor) y la métrica para evaluar la precisión del mapa (índice kappa). Es una tabla en la que se contabilizan los píxeles de cada clase (reconocida en la imagen) que han sido clasificados dentro de su propia clase o en otra diferente. La matriz tiene tantas filas y columnas como clases se hayan definido en la escena y las celdas de esa matriz contienen el número de píxeles que, siendo de una clase, dada por la fila (según el conocimiento a priori de la zona de estudio o según comprobaciones hechas a posteriori), han sido clasificados como otra clase, dada por la columna. La clasificación perfecta sería una matriz en la que el 100 % de los píxeles clasificados estuviesen contabilizados en las celdas de la diagonal de esa matriz; en ese caso, todos los píxeles estarían correctamente clasificados (Rodríguez et al.20015)

Índice kappa (K).- Evalúa si la clasificación ha discriminado con exactitud las categorías de interés con exactitud significativamente mayor a lo que se hubiera obtenido con una asignación aleatoria. Por lo que, un valor kappa igual a 1, indica un acuerdo pleno entre la realidad y el mapa, mientras un valor cercano a 0 sugiere que el acuerdo observado es puramente debido al azar.

Tabla 8. Valoración del índice Kappa

Índice kappa	Fuerza de concordancia
0	Pobre
0.1 - 0.20	Leve
0.21- 0.40	Aceptable
0.41- 0.60	Moderada
0.61- 0.80	Considerable
0.81- 1.00	Casi perfecta

Fuente. (Cohen.1960).

$$K = \frac{P_0 - P_e}{1 - P_e} \quad (1)$$

K: Índice kappa

P₀: Proporción de concordancia observada

P_e: Proporción de concordancia esperada al azar

Porcentaje correctamente clasificado.- Constituye el porcentaje de puntos correctamente clasificados. Se calcula dividiendo el número total de píxeles correctamente clasificados por el número total de píxeles de referencia y expresándolo como porcentaje.

Etapa IV

Evaluación de consistencia

Consistió en validar y constatar en campo el mapa preliminar de cobertura y uso de suelo del año 2020, obtenido en el proceso anterior. Para esto se realizó una distribución al azar de puntos para cada categoría identificada, sobre los actores directos (mapa y la imagen satelital), paralelamente se tomaron fotos y datos de los puntos de verificación en campo (anexo 3).

Etapa V

Edición vectorial

Realizado en el Software ArcGIS 10.5, el mapa de cobertura y uso de suelo obtenido en formato ráster fue transformado a formato vectorial. Se editó los polígonos en las clasificaciones semiautomatizadas, con las correcciones obtenidas en la evaluación de consistencia realizada en campo.

Generalización

La generalización permitió decidir sobre polígonos que no se acogieron a lo establecido por Corine Land Cover, teniendo en cuenta que el área mínima de mapeo es mayor o igual a 25 ha, con excepción de la unidad mayor o igual a 5 ha para las áreas artificializadas (tejido urbano continuo y aeropuerto).

3.2.3. Determinación del índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI)

Se realizó mediante la combinación de bandas de las imágenes satelitales Landsat 5 y Landsat 8, en el software ArcGIS 10.5, con la herramienta raster calculator.

$$NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R} \quad (2)$$

Donde:

NIR: Reflectancia corregida atmosféricamente correspondiente al infrarrojo cercano.

R: Reflectancia corregida atmosféricamente correspondiente al rojo.

NDVI Landsat 5 - 7

$$NDVI = \frac{B4 - B3}{B4 + B3} \quad (3)$$

NDVI Landsat 8

$$NDVI = \frac{B5 - B4}{B5 + B4} \quad (4)$$

3.2.4. Caracterización morfométrica de la microcuenca de la quebrada Shumba.

Se realizó en el Software ArcGIS 10.5 y hojas de cálculo (excel), a partir del modelo de elevación digital y el shapefile “microcuenca de la quebrada Shumba”.

El área y el perímetro fueron calculados, mediante la herramienta “Add Fiel”, en la tabla de atributos (ArcGIS), donde se agregaron los campos necesarios para obtener los valores, posteriormente se utilizó la herramienta “Calculate Geometry”, donde se determinó el área en (km², ha) y el perímetro en km. Los

parámetros largos, ancho y longitud del cauce principal se midieron de forma directa en el Software.

Factor de forma. – Se obtuvo aplicando la ecuación de Horton.

$$K_f = \frac{A}{L^2} \quad (5)$$

K_f : Factor de forma de Horton

A : Área de la cuenca (km²)

L : Longitud de la cuenca (km)

Coefficiente de compacidad de gravelius. – Se obtuvo con la fórmula de Gravelius.

$$K = 0.282 * \frac{P}{\sqrt{A}} \quad (6)$$

K : Coeficiente de gravellius

P : Perímetro de la cuenca (km)

A : Área de la cuenca (km²)

Altura promedio. – Se calculo mediante los métodos de curvas y áreas.

Los valores de cota máxima y mínima se obtuvieron de la extracción del modelo de elevación digital (DEM).

Pendiente media de la cuenca (%)

$$J = 100 \frac{\sum L_i * E}{A} \quad (7)$$

Donde:

J: Pendiente media de la cuenca (%)

L_i: Longitud de cada una de las curvas de nivel, en km.

E: Equidistancia de las curvas de nivel (km)

A: Área de la cuenca (km²)

Orden del cauce principal. – Se calculó a través de la herramienta “Stream Order” de ArcGIS, usando el método propuesto por Straler. Siendo el cauce principal el de mayor orden.

Longitud de la red hídrica. - Se obtuvo mediante la suma total del número de corrientes, calculados en la tabla de atributos de ArcGIS expresada en km.

Densidad de drenaje. – Consistió en dividir la longitud de la red hídrica con el área total de la cuenca.

Pendiente media del cauce principal (%)

$$J = \frac{DA}{L} \quad (8)$$

Donde:

DA: Desnivel altitudinal (km), *L*: Longitud del cauce principal en km.

Tiempo de concentración.

$$T_c = 0.0078 \left(\frac{L^{0.77}}{S^{0.385}} \right) \quad (9)$$

Donde.

T_c : Tiempo de concentración (*min*)

L : Longitud del cauce principal en pies

S : Pendiente media del cauce principal

Velocidad media del cauce principal. – Se obtuvo al dividir la longitud del cauce principal con el tiempo de concentración.

3.2.5. Elaboración de mapas temáticos

Se elaboró mapas temáticos de la microcuenca de la quebrada Shumba: Ubicación política, geográfica e hidrográfica, hidrografía, distribución de puntos de verificación en campo, cobertura y uso del suelo año 1998, cobertura y uso de suelo año 2020, cambio y no cambio 1998-2020, transición de la cobertura y uso del suelo 1998- 2020, NDVI periodo 1998, NDVI periodo 2020 y orden de corriente.

IV. RESULTADOS

4.1. Análisis de los cambios de cobertura y de uso del suelo

4.1.1. Categorías identificadas de cobertura y uso del suelo según la clasificación Corine Land Cover

Del análisis de las dos imágenes satelitales Landsat 5 (1998) y Landsat 8 (2020). Utilizadas en la investigación, se obtuvieron 7 categorías en los niveles II y III. Cada una de estas categorías sirvió para realizar el análisis multitemporal en la microcuenca.

Tabla 9. Cobertura y uso del suelo identificados en la microcuenca de la quebrada Shumba

NIVEL I	NIVEL II	NIVEL III	CÓDIGO
	1.1. Áreas urbanizadas	1.1.1 Tejido urbano continuo	Tu
1. Áreas artificializadas	1.2. Áreas industriales e infraestructura	1.2.4 Aeropuertos	Ae
		2.1 Cultivos transitorios	Ct
2. Áreas agrícolas	2.4 Áreas agrícolas heterogéneas	2.4.3 Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	Mcpen
		3.1 Bosques	3.1.3 Bosque denso alto
3. Bosques y áreas mayormente naturales	3.3 Áreas con vegetación herbácea y/o arbustivo	3.3.4 Vegetación arbustiva /	Var/her
		Herbácea	
	3.4 Áreas sin o con poca vegetación	3.4.3 Tierras desnudas	Td

Fuente: Basado en el MINAM, adaptado por las tesis

4.1.2. Cobertura y uso del suelo año 1998

a. Métricas cuantitativas generadas en el proceso de Clasificación semiautomática – Random Forest.

En la Tabla 10 se muestran los resultados de la matriz de confusión correspondiente a la clasificación para el año 1998 y en la Tabla 11 los resultados de los indicadores de precisión del mapa el porcentaje correctamente clasificado que arrojó un valor de 97.16% y la índice kappa 0.96 el cual se encuentra en un rango de “fuerza de concordancia casi perfecta” (Tabla 8). Es decir, la clasificación generada utilizando el algoritmo Random Forest tiene un alto grado de correlación con la realidad.

Tabla 10. Matriz de confusión año 1998

		Categorías asignadas en la imagen satelital								
Resultados de la clasificación	Categorías	Tu	Ae	Ct	Mcpen	Bda	Var/Her	Td	Total	F. Usuario %
	Tu	14	0	0	0	0	0	0	14	100.00
	Ae	0	9	0	0	0	0	1	10	90.00
	Ct	0	0	21	0	0	0	0	21	100.00
	Mcpen	0	0	0	17	0	0	0	17	100.00
	Bda	0	0	0	0	12	0	0	12	100.00
	Var/Her	0	0	0	0	0	20	0	20	100.00
	Td	1	0	0	0	0	1	10	12	83.33
	Total	15	9	21	17	12	21	11	106	F. Global 97.16 %
	F. Productor %	93.33	100.00	100.00	100.00	100.00	95.24	90.91		

Fuente: Elaboración propia

- Cálculo del índice kappa

$$P_0 = \frac{14 + 9 + 21 + 17 + 12 + 20 + 10}{106} = 0.9716$$

$$P_e = \frac{(14 \times 15) + (10 \times 9) + (21 \times 21) + (17 \times 17) + (12 \times 12) + (21 \times 20) + (11 \times 12)}{106^2} = 0.15$$

$$k = \frac{0.97 - 0.15}{1 - 0.15} = 0.96$$

Tabla 11. Resultados de los indicadores de precisión del mapa 1998

Indicadores de precisión del mapa	Valor
Porcentaje correctamente clasificado (PCC)	97.16 %
Índice Kappa (K)	0.96

Fuente: Elaboración propia.

b. Superficie de las categorías de cobertura y uso de suelo del año 1998

En la Tabla 12 se muestran los resultados en hectáreas (ha) y porcentaje (%), de la superficie de las 7 categorías clasificadas en los niveles II y III, para el año 1998.

Las coberturas que abarcan mayor superficie del área total de la microcuenca Shumba son: Vegetación arbustiva/herbácea (Var/Her) con 19 983.765 ha (58.425 %), seguido de mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales (Mcpen) con 7 026.855 ha (20.544 %) y cultivos transitorios (Ct) con 6 284.973 ha (18.375 %), por otro lado, las coberturas con menor superficie son: Bosque denso alto (Bda) con 629.971 ha (1.842 %), tejido urbano continuo (Tu) con 115.743 ha (0.338 %), tierras desnudas (Td) con 114.134 ha (0.334 %) y aeropuertos (Ae) con 48.943 ha (0.143).

Tabla 12. Superficie de las categorías obtenidas en la microcuenca de la quebrada Shumba año 1998

NIVEL I	NIVEL II	NIVEL III	Código	Área ha	%
1. Áreas artificializadas	1.1. Áreas urbanizadas	1.1.1 Tejido urbano continuo	Tu	115.743	0.338
	1.2. Áreas industriales e infraestructura	1.2.4 Aeropuertos	Ae	48.943	0.143
2. Áreas agrícolas	2.1 Cultivos transitorios		Ct	6 284.973	18.375
	2.4 Áreas agrícolas heterogéneas	2.4.3 Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	Mcpen	7 026.855	20.544
3. Bosques y áreas mayormente naturales	3.1 Bosques	3.1.3 Bosque denso alto	Bda	629.971	1.842
	3.3 Áreas con vegetación herbácea y/o arbustivo	3.3.4 Vegetación arbustiva / Herbácea	Var/Her	19 983.765	58.425
	3.4 Áreas sin o con poca vegetación	3.4.3 Tierras desnudas	Td	114.134	0.334
Total				34 204.384	100.00

Fuente: Elaboración propia

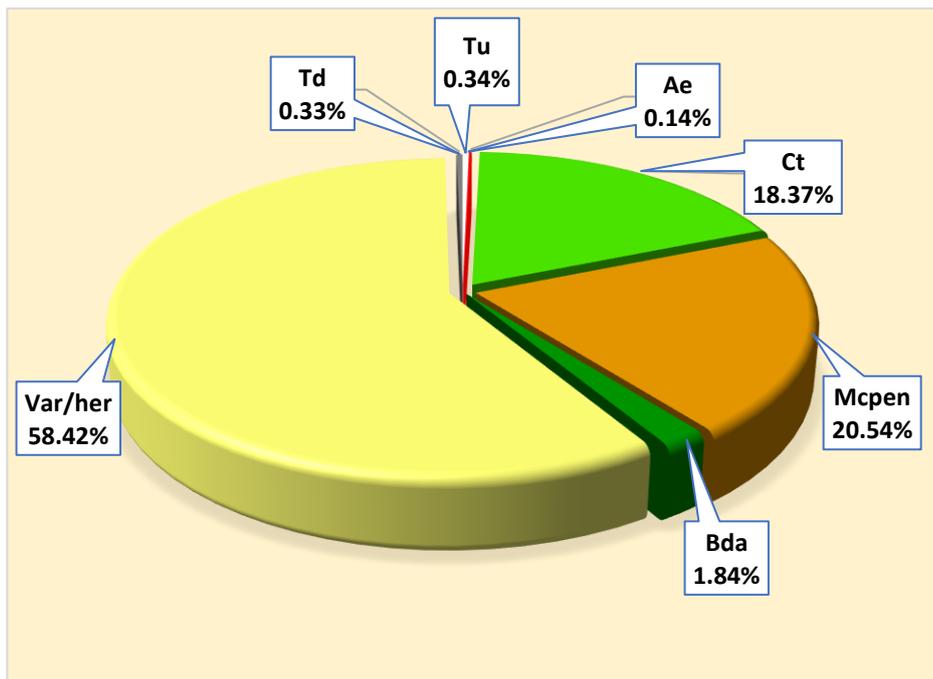


Figura 2. Distribución porcentual de cobertura en la microcuenca de la quebrada Shumba para el año 1998

Fuente: Elaboración propia

4.1.3. Cobertura y uso del suelo año 2020

a. Métricas cuantitativas generadas en el proceso de Clasificación semiautomática – Random Forest.

En la Tabla 13 se muestran los resultados de la matriz de confusión correspondiente a la clasificación para el año 2020 y en la Tabla 14 los resultados de los indicadores de precisión del mapa el porcentaje correctamente clasificado que arrojó un valor de 88.00 % y la índice kappa 0.86, el cual se encuentra en un rango de “fuerza de concordancia casi perfecta” (Tabla 8). Es decir, la clasificación generada utilizando el algoritmo Random Forest tiene un alto grado de correlación con la realidad.

[Handwritten signature]

[Handwritten signature]

[Handwritten signature]

[Handwritten signature]

Tabla 13. Matriz de confusión año 2020

		Categorías asignadas en el usuario								
Resultados de la clasificación	Categorías	Tu	Ae	Ct	Mcpen	Bda	Var/ Her	Td	Total	F. Usuario %
	Tu	9	1	1	0	0	0	0	11	81.82
	Ae	2	7	0	0	0	0	1	10	70.00
	Ct	1	1	9	0	0	0	0	11	81.82
	Mcpen	0	0	0	9	1	0	0	10	90.00
	Bda	0	0	0	1	10	0	0	11	90.91
	Var/ Her	0	0	0	0	0	11	0	11	100.00
	Td	0	0	0	0	0	0	10	10	100.00
	Total	12	9	10	10	11	11	11	74	F. Global 88%
	F. Productor %	75.00	77.78	90.00	90.00	90.91	100.00	90.91		

Fuente: Elaboración propia

cálculo del índice kappa

$$P_o = \frac{9 + 7 + 9 + 9 + 10 + 11 + 10}{74} = 0.88$$

$$P_e = \frac{(11 \times 12) + (10 \times 9) + (11 \times 10) + (10 \times 10) + (11 \times 11) + (11 \times 11) + (11 \times 10)}{74^2} = 0.14$$

$$k = \frac{0.88 - 0.14}{1 - 0.14} = 0.86$$

Tabla 14. Resultados de los indicadores de precisión del mapa 2020

Indicadores de precisión del mapa	Valor
Porcentaje correctamente clasificado (PCC)	88.00 %
Índice kappa (K)	0.86

Fuente: Elaboración propia.

b. Superficie de las categorías de cobertura y uso del suelo del año 2020

En la Tabla 15 se muestran los resultados en hectáreas (ha) y porcentaje (%), de la superficie de las 7 categorías clasificadas en los niveles II y III, para el año 2020.

Las coberturas que abarcan mayor superficie del área total de la microcuenca Shumba son: Vegetación arbustiva/herbácea (Var/Her) con 17 741.880 ha (51.870 %), seguido de mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales (Mcpen) con 8 887.920 ha (25.985 %) y cultivos transitorios (Ct) con 6 629.098 ha (19.381 %), por otro lado, las coberturas con menor superficie son: Bosque denso alto (Bda) con 517.260 ha (1.512 %), tejido urbano continuo (Tu) con 233.487 ha (0.683 %), tierras desnudas (Td) con 145.669 ha (0.426 %) y aeropuertos (Ae) con 49.070 ha (0.143).

Tabla 15. Superficie de las categorías obtenidas en la microcuenca de la quebrada Shumba año 2020

NIVEL I	NIVEL II	NIVEL III	Código	Área ha	%
1. Áreas artificializadas	1.1. Áreas urbanizadas	1.1.1 Tejido urbano continuo	Tu	233.487	0.683
	1.2. Áreas industriales e infraestructura	1.2.4 Aeropuertos	Ae	49.070	0.143
2. Áreas agrícolas	2.1 Cultivos transitorios		Ct	6 629.098	19.381
	2.4 Áreas agrícolas heterogéneas	2.4.3 Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	Mcpen	8 887.920	25.985
3. Bosques y áreas mayormente naturales	3.1 Bosques	3.1.3 Bosque denso alto	Bda	517.260	1.512
	3.3 Áreas con vegetación herbácea y/o arbustivo	3.3.4 Vegetación arbustiva / Herbácea	Var/her	17 741.880	51.870
	3.4 Áreas sin o con poca vegetación	3.4.3 Tierras desnudas	Td	145.669	0.426
Total				34 204.384	100.00

Fuente: Elaboración propia

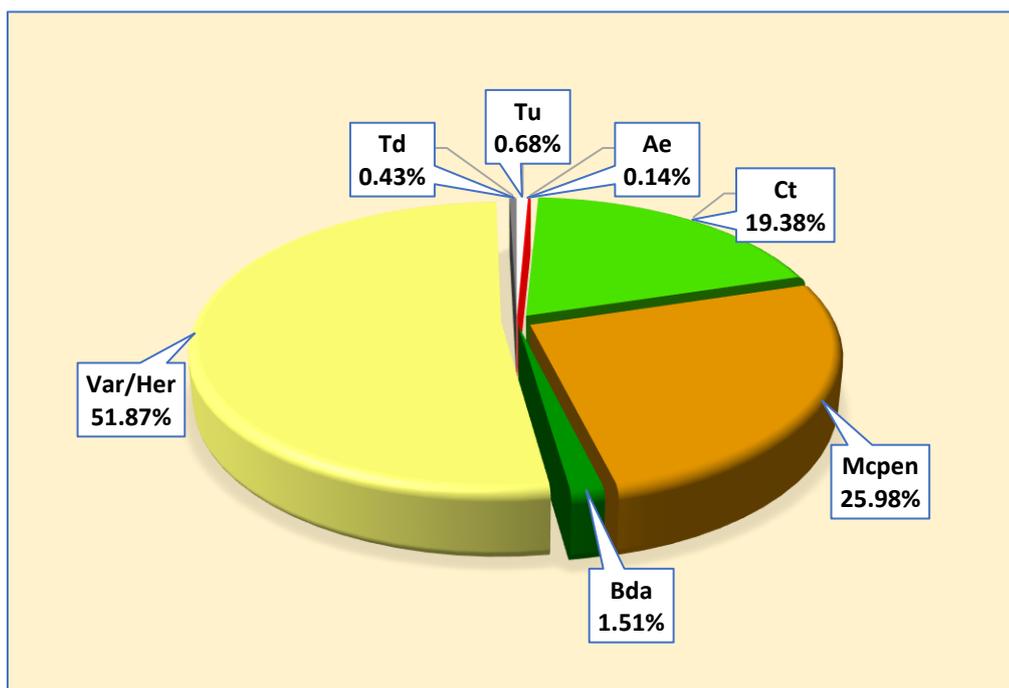


Figura 3. Distribución porcentual de cobertura en la microcuenca de la quebrada Shumba año 2020

Fuente: Elaboración propia

4.1.4. Cambio y no cambio del uso de suelo periodo 1998-2020

Para determinar el cambio y no cambio de cobertura, se evaluó la variación de los polígonos de forma global entre los dos periodos de evaluación (1998-2020), sin importar los motivos o a que categorías de cobertura vegetal cambiaron dichos polígonos. A continuación, se muestra los resultados del análisis:

En el presente informe para referirnos a la ganancia de cobertura vegetal utilizaremos el signo (+) y para pérdida de cobertura vegetal usaremos el signo menos (-). Los resultados obtenidos se detallan a continuación en la Tabla 16.

El cambio en mayor proporción se dio en las categorías, mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales (Mcpen) con +1861.065 ha, cultivos transitorios (Ct) +344.125 ha, tejido urbano continuo (Tu) +117.744 ha, tierras desnudas (Td) +31.535 ha, aeropuertos (Ae) +0.127 ha, mostrando un cambio positivo; por otro lado, las categorías vegetación arbustiva/herbácea (Var/Her) -241.885 ha y bosque denso alto (Bda) -112.711 ha, mostraron un cambio negativo.

Tabla 16. Perdida o ganancia de la cobertura y uso del suelo, periodo 1998- 2020

NIVEL I	NIVEL II	NIVEL III	Código	Superficie 1998		Superficie 2020		1998 - 2020	
				Área_ha	%	Área_ha	%	Área_ha	%
1. Áreas artificializadas	1.1. Áreas urbanizadas	1.1.1 Tejido urbano continuo	Tu	115.743	0.338	233.487	0.68	117.744	+0.34
	1.2. Áreas industriales e infraestructura	1.2.4 Aeropuertos	Ae	48.943	0.143	49.070	0.14	0.127	+0.0004
2. Áreas agrícolas	2.1 Cultivos transitorios		Ct	6 284.973	18.37	6 629.098	19.38	344.125	+1.01
	2.4 Áreas agrícolas heterogéneas	2.4.3 Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	Mcpen	7 026.855	20.544	8 887.920	25.98	1 861.065	+5.44
	3.1 Bosques	3.1.3 Bosque denso alto	Bda	629.971	1.842	517.260	1.51	-112.711	-0.33
3. Bosques y áreas mayormente naturales	3.3 Áreas con vegetación herbácea y/o arbustivo	3.3.4 Vegetación arbustiva / Herbácea	Var/Her	19 983.765	58.425	17 741.880	51.87	-2 241.885	-6.55
	3.4 Áreas sin o con poca vegetación	3.4.3 Tierras desnudas	Td	114.134	0.334	145.669	0.43	31.535	+0.09
Total				34 204.384	100.00	34 204.384	100.00	0.000	0.000

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 4, se aprecia el cambio y no cambio de la superficie de la microcuenca de la quebrada Shumba en hectáreas, de un total de 34 204.384 ha sufrieron cambios 4 942.294 ha equivalente al 14.45 % y no cambio 29 262.09 ha equivalente al 85.55 %

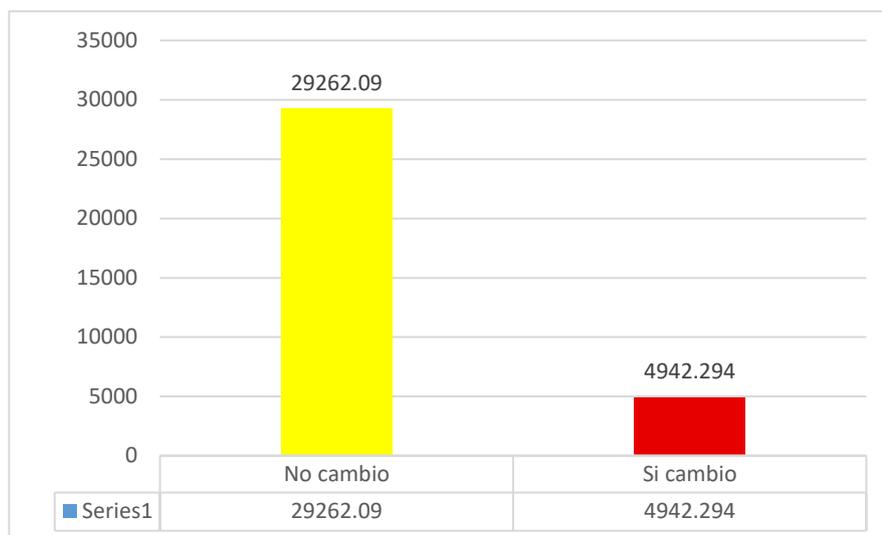


Figura 4. Cambio y no cambio del uso del suelo periodo 1998-2020

Fuente: Elaboración propia

4.1.5. Transición de cobertura y uso de la tierra

Consta en la evaluación del cambio por cobertura es decir de una cobertura inicial a una actual entre el periodo de evaluación. En este proceso, solo se evalúa las áreas en las que hubo cambio, dejándose de lado las de no cambio. Se elaboró la Tabla 17 donde se muestra que las 7 categorías identificadas en la microcuenca de la quebrada Shumba, por la dinámica territorial fueron cambiadas a otras coberturas.

a. Cambios de cobertura del periodo 1998- 2020.

En cuanto a los cambios de cobertura del periodo 1998 – 2020 en la microcuenca de la quebrada Shumba, se determinó que los principales cambios son:

La categoría tejido urbano continuo (Tu) ha tenido tres cambios, reemplazada por: Cultivos transitorios (Ct) con un área de 30.321 ha, mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales (Mcpen) con un área de 2.934 ha y vegetación arbustiva herbácea (Var/Her) con un área de 1.200 ha. La categoría de tejido urbano continuo (Tu) tuvo una pérdida total de 34.455 ha.

La categoría aeropuertos (Ae) ha experimentado un cambio, fue reemplazada por: Vegetación arbustiva herbácea (Var/Her) con un área de 10.179 ha. La categoría aeropuertos (Ae) tuvo una pérdida total de 10.179 ha.

En la categoría cultivo transitorio (Ct) se ha encontrado tres cambios, reemplazada por: Aeropuerto (Ae) con un área de 3.702 ha, tejido urbano continuo (Tu) con un área de 122.090 ha y vegetación arbustiva/herbácea (Var/Her) con un área de 746.309 ha. La categoría cultivos transitorios (Ct) tuvo una pérdida total de 872.101 ha.

La categoría mosaica de cultivo, pastos y espacios naturales (Mcpen) ha obtenido dos cambios, fue reemplazada: por la categoría tejido urbano continuo (Tu) con un área de 5.114 ha y vegetación arbustiva herbácea con un área de 109.451 ha. La categoría mosaica de cultivo pasto y espacio natural (Mcpen) tuvo una pérdida 114.565 ha.

Para la categoría bosque denso alto (Bda) se ha logrado encontrar un cambio, fue reemplazada por mosaico de cultivo, pastos y espacios naturales (Mcpen) con un área de 385.868 ha. La categoría bosque denso alto (Bda) tuvo una pérdida de 385.868 ha.

La categoría vegetación arbustiva herbácea (Var/Her) ha experimentado cinco cambios, fue reemplazada por las categorías: Tejido urbano continuo (Tu) con un área de 24.994 ha, aeropuertos (Ae) con un área de 6.604 ha, cultivo transitorio (Ct) con un área de 1 185.874 ha, mosaico de cultivo, pastos y espacios naturales (Mcpen) con un área de 2 133.143 ha y tierras desnudas (Td) con un área de 103.038 ha. La vegetación arbustiva herbácea (Var/her) tuvo una pérdida de 3 453.653 ha.

La categoría tierras desnudas (Td) ha sufrido un cambio, fue reemplazada por la categoría vegetación arbustiva herbácea con un área de 71.473 ha.

Tabla 17. Transición de la cobertura y uso del suelo, periodo 1998-2020

Código	Simbología 1998-2020	CUS_1998	CUS_2020	Área- ha	%
1	Tu-Ct	Tejido urbano continuo	Cultivos transitorios	30.321	0.09
2	Tu-Mcpen	Tejido urbano continuo	Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	2.934	0.01
3	Tu-Var/Her	Tejido urbano continuo	Vegetación arbustiva / herbácea	1.200	0.00
4	Ae-Var/Her	Aeropuertos	Vegetación arbustiva / herbácea	10.179	0.03
5	Ct-Ae	Cultivos transitorios	Aeropuertos	3.702	0.01
6	Ct-Tuc	Cultivos transitorios	Tejido urbano continuo	122.090	0.36
7	Ct-Var/Her	Cultivos transitorios	Vegetación arbustiva / herbácea	746.309	2.18
8	Mcpen-Tu	Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	Tejido urbano continuo	5.114	0.01
9	Mcpen-Var/Her	Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	Vegetación arbustiva / herbácea	109.451	0.32
10	Bda-Mcpen	Bosque denso alto	Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	385.868	1.13
11	Var/Her-Tu	Vegetación arbustiva / herbácea	Tejido urbano continuo	24.994	0.07
12	Var/Her-Ae	Vegetación arbustiva / herbácea	Aeropuertos	6.604	0.02
13	Var/Her-Ct	Vegetación arbustiva / herbácea	Cultivos transitorios	1185.874	3.47
14	Var/Her-Mcpen	Vegetación arbustiva / herbácea	Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	2133.143	6.24
15	Var/Her-Td	Vegetación arbustiva / herbácea	Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	103.038	0.30
16	Td-Var/Her	Tierras desnudas	Vegetación arbustiva / herbácea	71.473	0.21
17	No cambio			29 262.090	85.55
TOTAL				34 204.384	100.00

Fuente: Elaboración propia

4.1.6. Tendencia de la cobertura y uso del suelo en la microcuenca de la quebrada Shumba.

En la Figura 5, se representa la tendencia de la cobertura vegetal y uso del suelo, para el periodo 1998 - 2020.

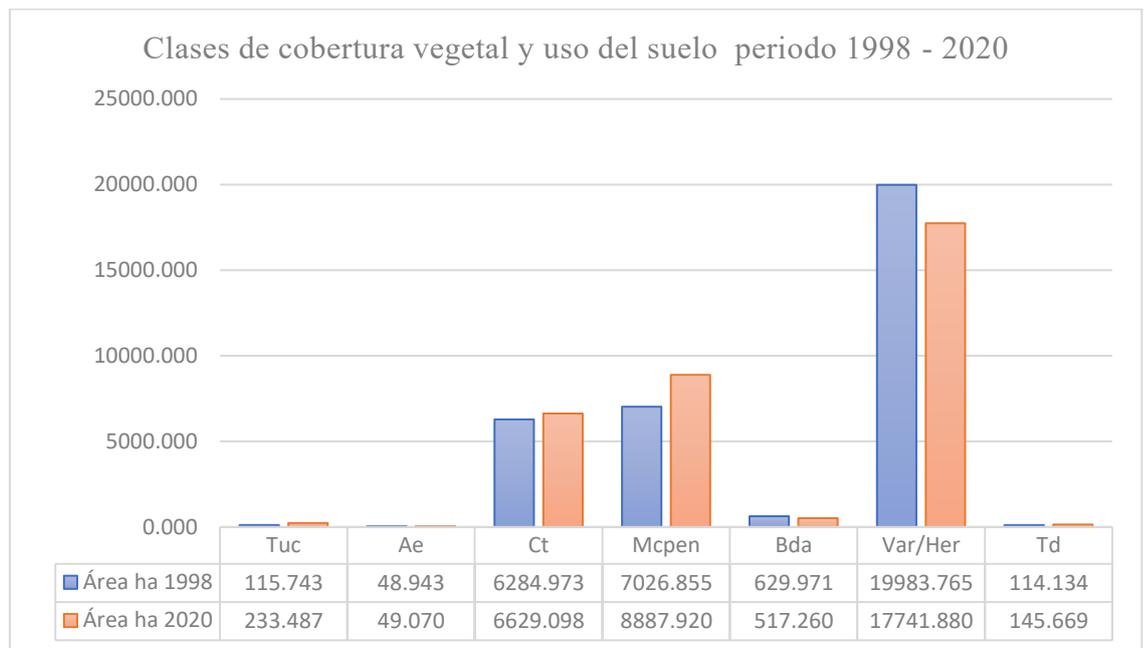


Figura 5. Tendencias de cobertura vegetal y uso de suelo 1998- 2020

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 5 se detalla la variación de superficie de las coberturas presentes en la microcuenca de la quebrada Shumba para el periodo 1998-2020.

La categoría de tejido urbano continuo (Tu) incremento su área en 117.744 ha así mismo la categoría aeropuertos (Ae) aumento su área en 0.127 ha.

En cuanto a la categoría cultivos transitorios (Ct) tuvo un incremento de 344.125 ha mientras que la categoría mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales (Mcpen), incremento su área en 1 861.065 ha.

La categoría bosque denso alto (Bda), perdió 112.712 ha del mismo modo la categoría vegetación arbustiva/herbácea disminuyó en 2 241.885 ha en cambio la categoría tierras desnudas aumento en 31.535 ha.

4.2. Índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI)

Tabla 18. Resumen de los índices de vegetación normalizada (NDVI)

NDVI	1998	2020
MAX	0.797	0.621
MIN	-0.333	-0.047

Fuente: Elaboración propia

4.3. Caracterización morfométrica de la microcuenca de la quebrada Shumba

4.3.1. Datos generales

Tabla 19. Datos generales de la Microcuenca

Datos	
Nombre	Microcuenca de la Quebrada Shumba
Distrito	San José del alto, Jaén, Las Pirias, Huabal, Bellavista
Provincia	Jaén
Región	Cajamarca
Ubicación hidrográfica	Cuenca Chinchipe
Centroide Este (x)	740962
Centroide Norte (y)	9384762
Altura (z)	671 m.s.n.m.

4.3.2. Parámetros Morfométricos

Se calcularon en el software ArcGIS, los resultados se muestran en la Tabla 20.

Tabla 20. Parámetros morfométricos de la microcuenca de la quebrada Shumba

Parámetro	Unidad	Valor
Área	Km ²	342.04
	ha	34,204.38
Perímetro	km	101.95
Largo	km	35.03
Ancho	km	14.93
Factor de forma		0.28
Coefficiente de compacidad de gravelius		1.55
Cota máxima	m.s.n.m.	2461
Cota mínima	m.s.n.m.	398
Altura promedio por el método de curvas	m.s.n.m.	1212.06
Altura promedio por el método de áreas	m.s.n.m.	1056.59
Pendiente media de la cuenca	%	29.20%
Longitud del cauce principal	km	21.52
Orden del cauce principal		4
Longitud de la red hídrica	km	181.62
Densidad de drenaje	km / km ²	0.53
Altura máxima del cauce principal	m.s.n.m.	672
Pendiente media del cauce		1.06%
Tiempo de concentración	min	242.85
Velocidad media del cauce principal	m/s	1.48

Fuente: Elaboración propia

La microcuenca de la quebrada Shumba, tiene un área de 34 204.38 ha, el perímetro de la microcuenca es 101.95 km, el largo de la microcuenca es de 35.03 km y el ancho de 14.93 km.

El factor de forma de Horton y el coeficiente de compacidad de gravellius, son parámetros que indican la forma de la microcuenca, para el factor de forma Horton se obtuvo 0.28, según la clasificación de Horton (Anexo 4), la microcuenca tiene forma alargada. El coeficiente de compacidad de gravelluis es 1.55, según campos 1992 (Anexo 5) la microcuenca pertenece a la clase III ya que el índice de compacidad es superior a 1.55 concluyendo que la microcuenca tiene forma Oval – oblonga a rectangular- oblonga.

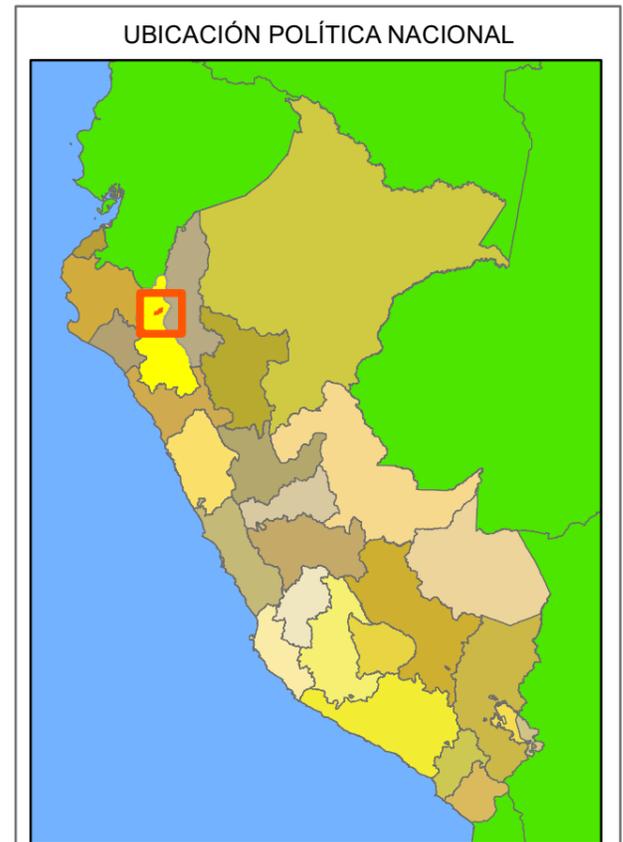
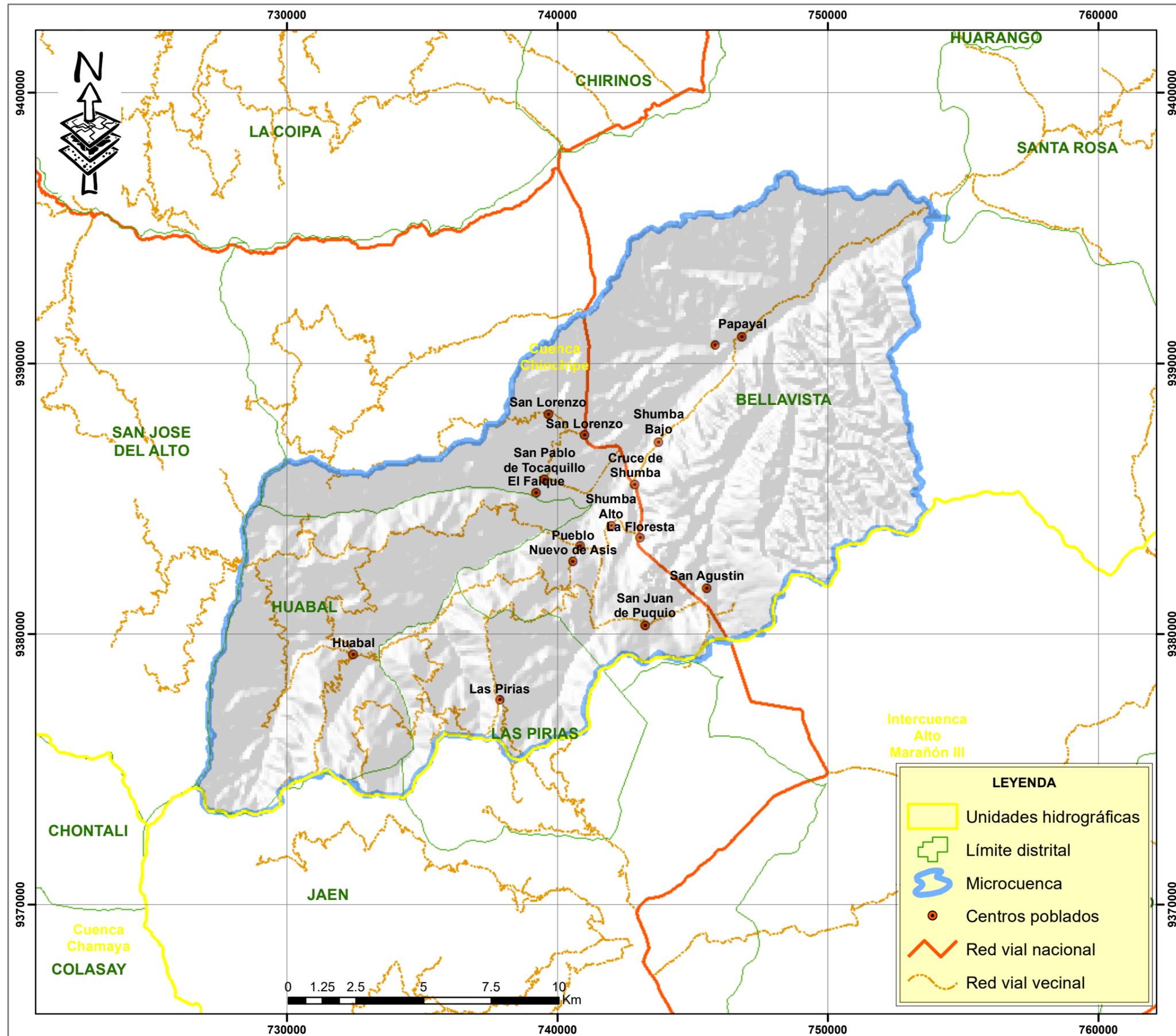
La cota máxima de la microcuenca de la quebrada Shumba es 2461 m.s.n.m. y la mínima 398 m.s.n.m. así mismo la altura promedio por el método de curvas es 1212.06 y por el método de áreas es de 1056.59 m.s.n.m. La pendiente media es de 29.20 % clasificándose como empinada (Anexo 6).

La longitud de la red hídrica es de 181.62 km. El cauce principal (quebrada Shumba), es de orden 4 (Figura 15) y tiene una longitud de 181.62 km por otra parte, la pendiente media es de 1.06% considerándose suave (Anexo 7) además, la altura máxima es de 672 m.s.n.m y la velocidad media es de 1.48 m/s. La densidad de drenaje es de 0.53 km/km², considerada baja (Anexo 8) y el tiempo de concentración es de 242.85 minutos, según los rangos establecidos en (Anexo 9), este es lento.

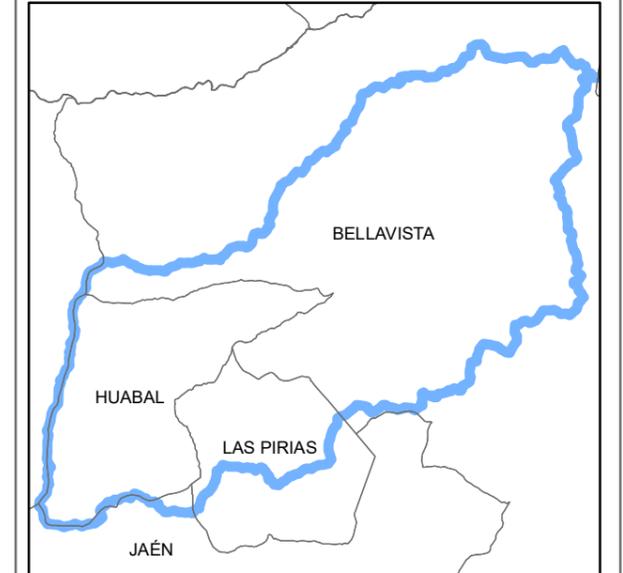
4.4. Mapas temáticos

Se elaboró mapas temáticos de la microcuenca de la quebrada Shumba: En la Figura 6 se presenta el mapa de ubicación política, geográfica e hidrográfica, asimismo en la Figura 7 se presenta el mapa de hidrografía, en la Figura 8 el mapa de distribución geográfica de los puntos de verificación, en la Figura 9 se muestra el mapa de cobertura y uso del suelo año 1998 del mismo modo en la Figura 10 el mapa de cobertura y uso del suelo año 2020, en la Figura 11 se presenta el mapa de cambio y no cambio 1998-2020, en Figura 12 el mapa de transición de la cobertura y uso de suelo 1998-2020, en las Figuras 13 y 14 los mapas de NDVI periodo 1998 y 2020 respectivamente y en la figura 15 el mapa de orden de corrientes.

Figura 6. Mapa de ubicación política, geográfica e hidrográfica de la microcuenca de la quebrada Shumba



UBICACIÓN DEL LÍMITE DISTRITAL DE LA MICROCUENCA



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL Y AMBIENTAL

MAPA DE UBICACIÓN POLÍTICA, GEOGRÁFICA E HIDROGRÁFICA

Tesis: "Determinación de cambios de cobertura y de uso del suelo con imágenes satelitales, de la microcuenca de la quebrada Shumba-Jaén; periodo 1998-2020"

Tesisistas: Bach. Noemí Callirgos Jiménez
 Bach. Mariela Judith Quispe Carhuapoma

Sistema de Coordenadas UTM WGS 84 Zona 17S	Fuente MINAM, MTC, INEI, ANA, IGN, MINEDU	Escala 1: 150 000	Mapa F-06
--	---	----------------------	---------------------

Figura 7. Mapa de hidrografía de la microcuenca de la quebrada Shumba

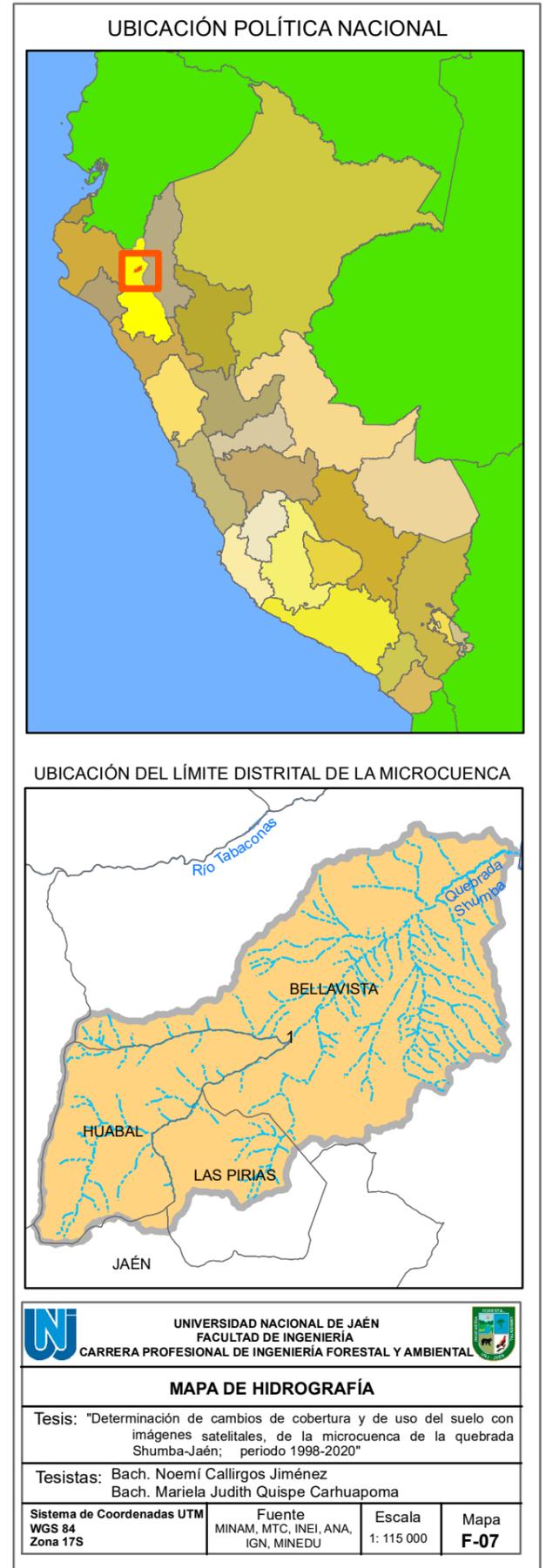
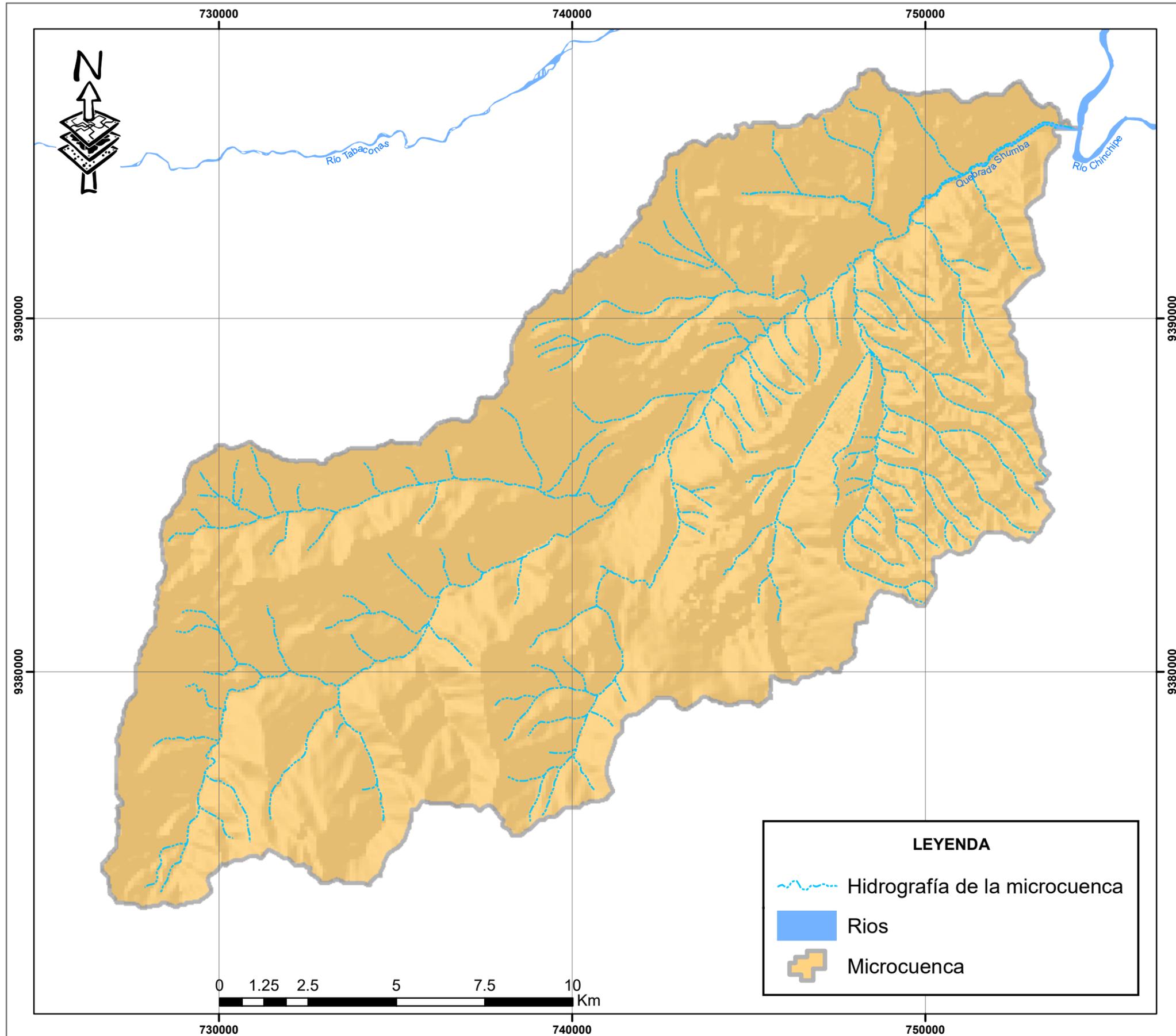
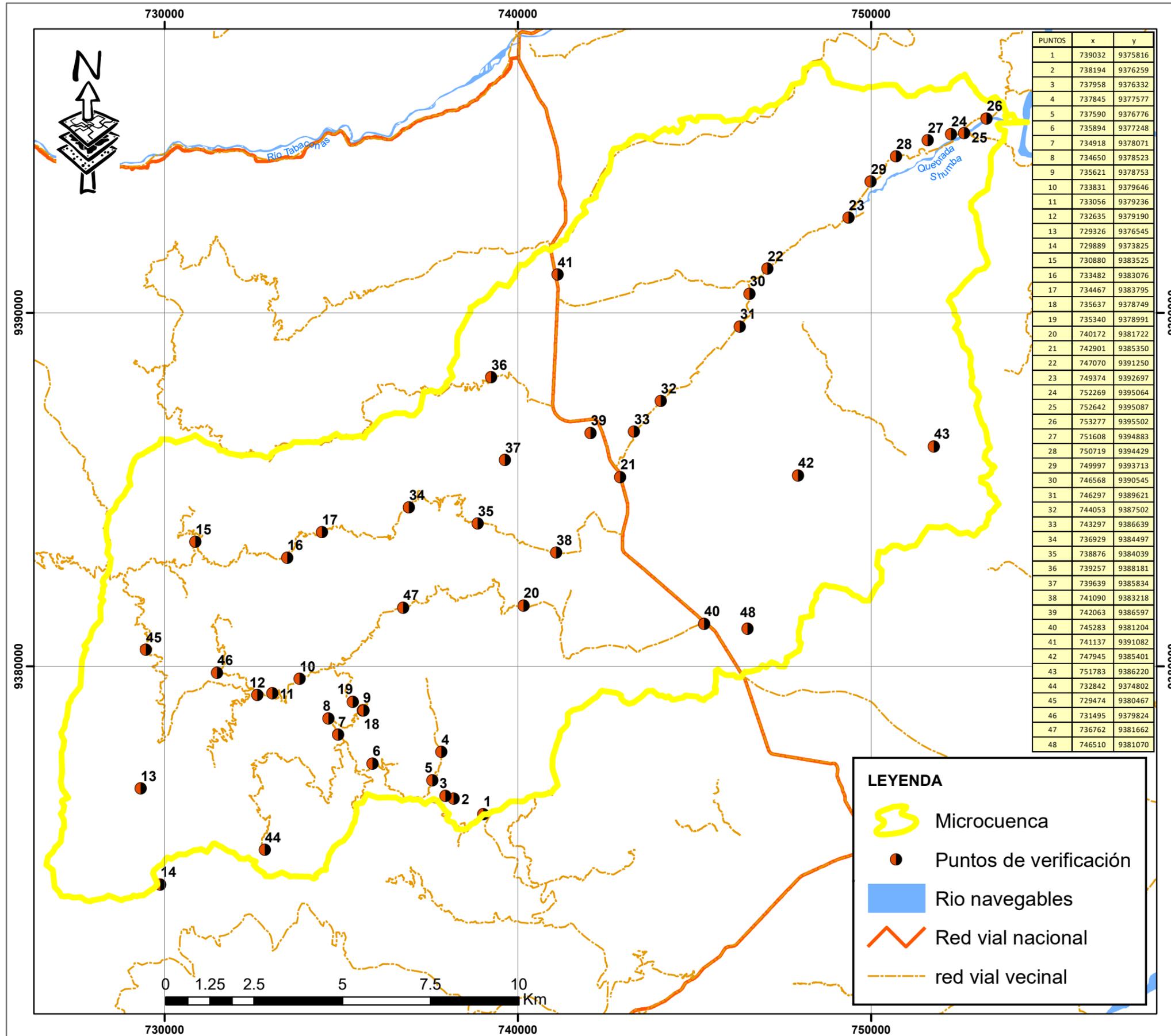
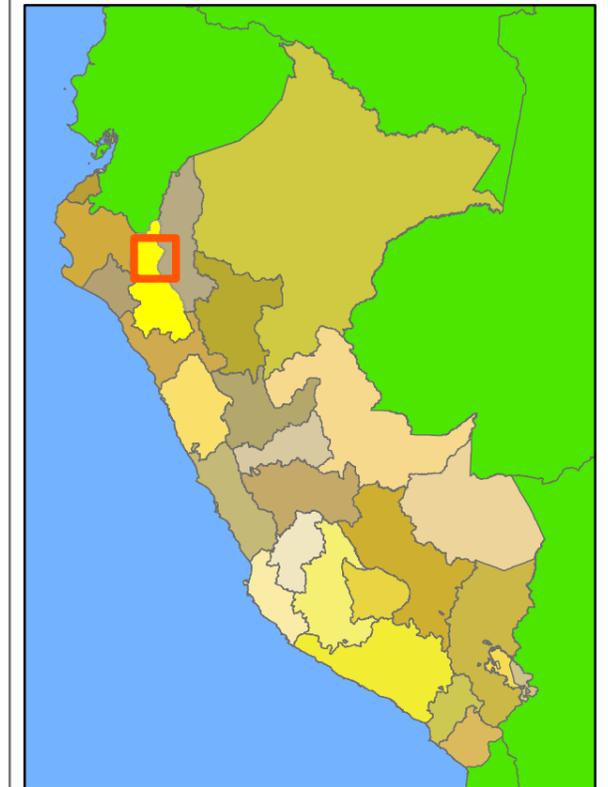


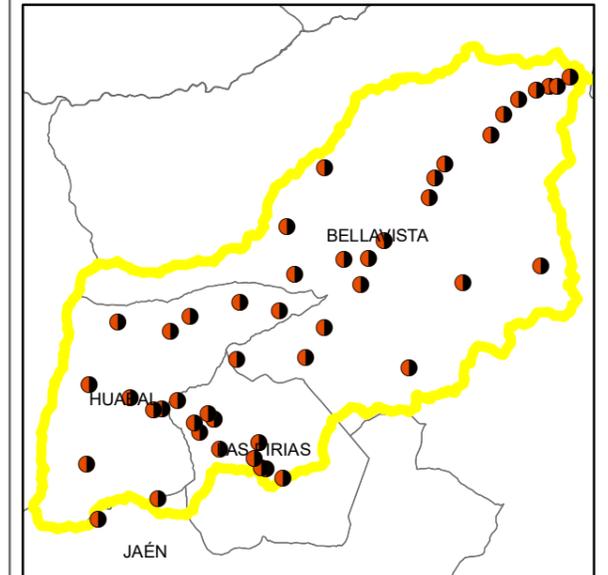
Figura 8. Mapa de distribución geográfica de los puntos de verificación



UBICACIÓN POLÍTICA NACIONAL



UBICACIÓN DEL LÍMITE DISTRICTAL DE LA MICROCUENCA



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL Y AMBIENTAL

MAPA DE UBICACIÓN DE PUNTOS DE VERIFICACIÓN

Tesis: "Determinación de cambios de cobertura y de uso del suelo con imágenes satelitales, de la microcuenca de la quebrada Shumba-Jaén; periodo 1998-2020"

Tesistas: Bach. Noemí Callirgos Jiménez
 Bach. Mariela Judith Quispe Carhuapoma

Sistema de Coordenadas UTM WGS 84 Zona 17S	Fuente MINAM, MTC, INEI, ANA, IGN, MINEDU	Escala 1: 115 000	Mapa F- 08
--	---	----------------------	----------------------

Figura 9. Mapa de cobertura y uso del suelo año 1998

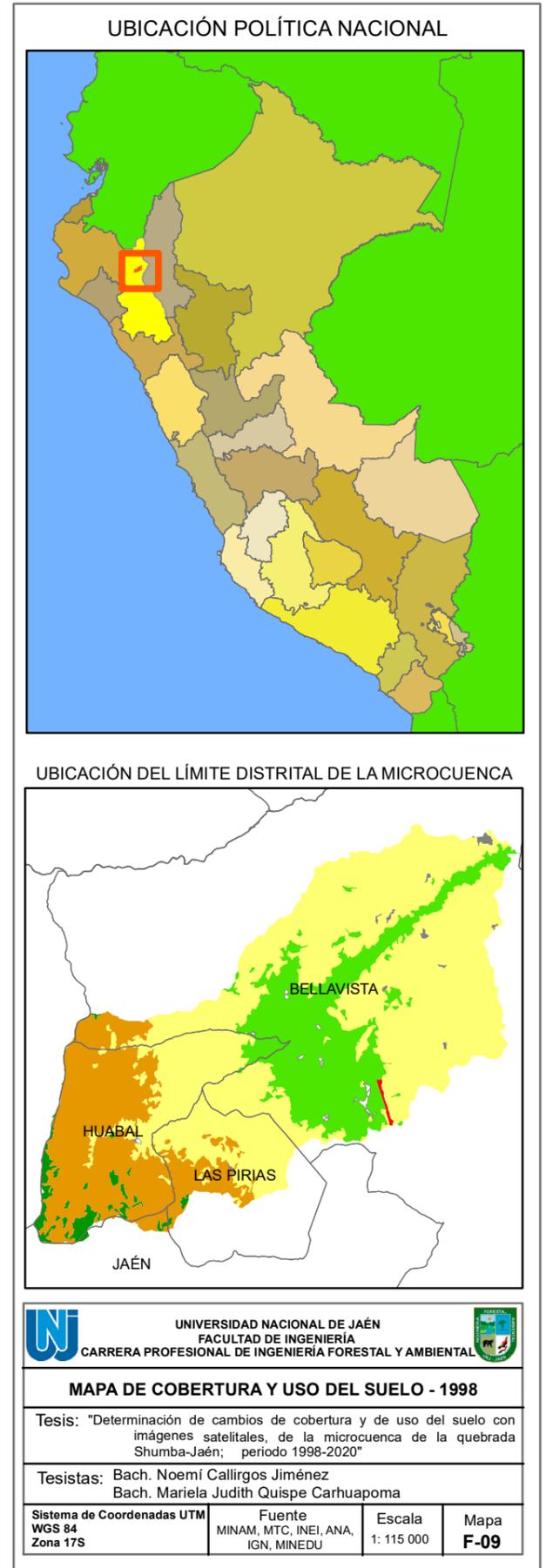
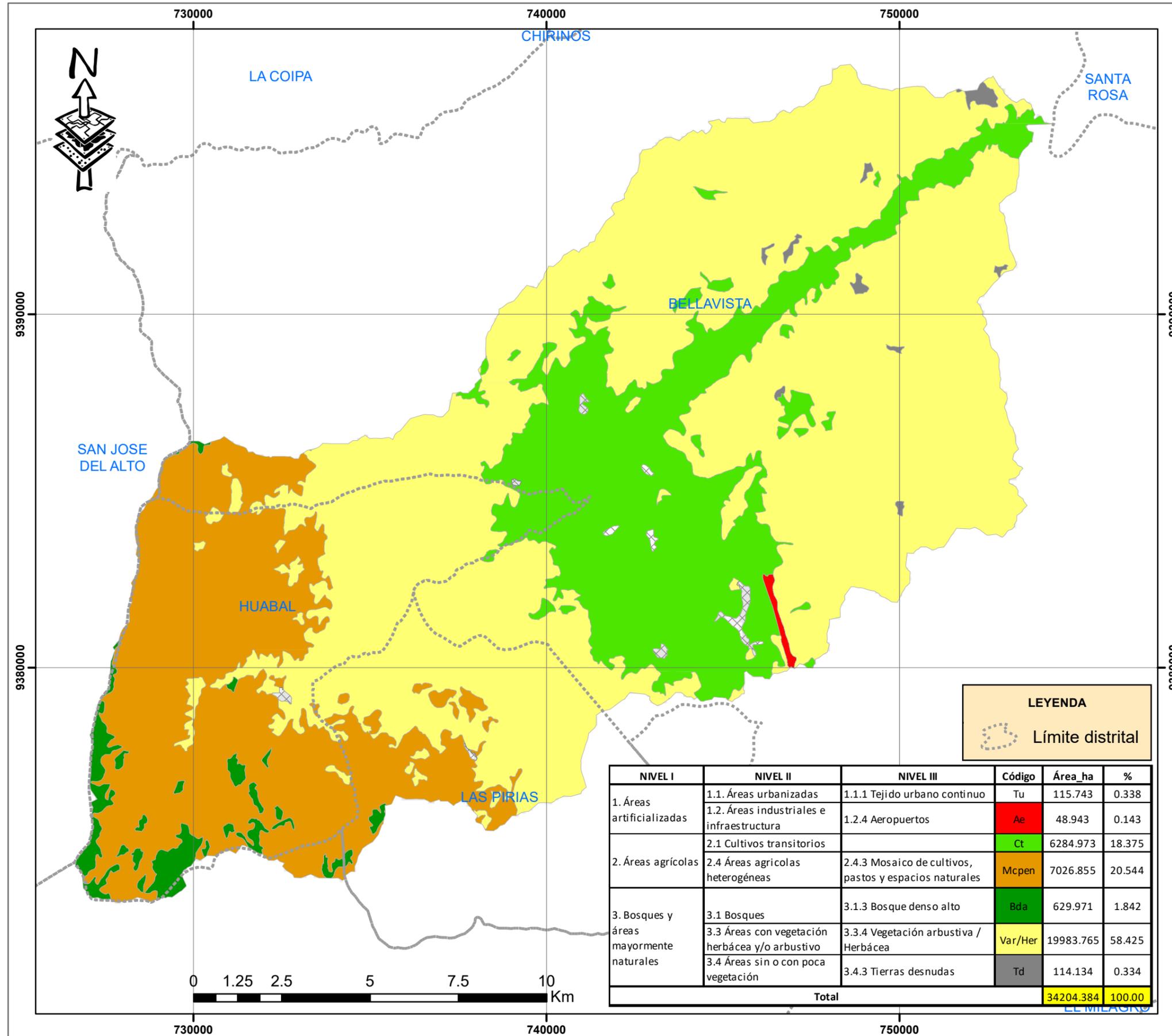
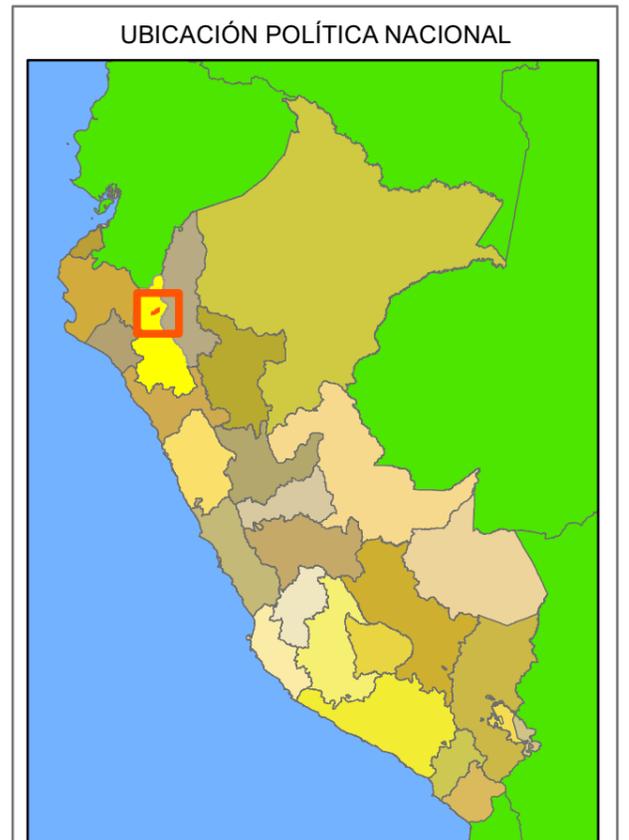
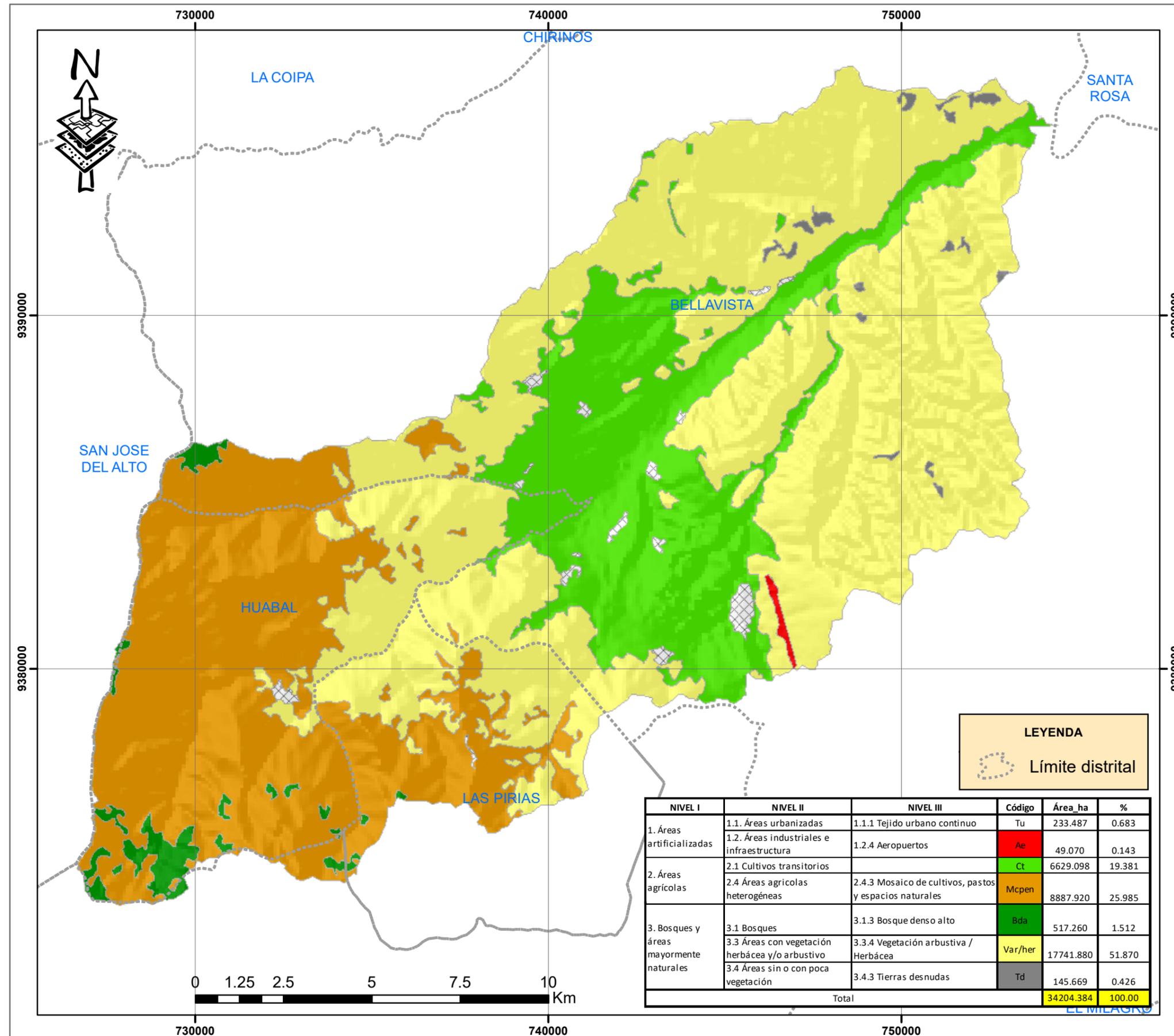
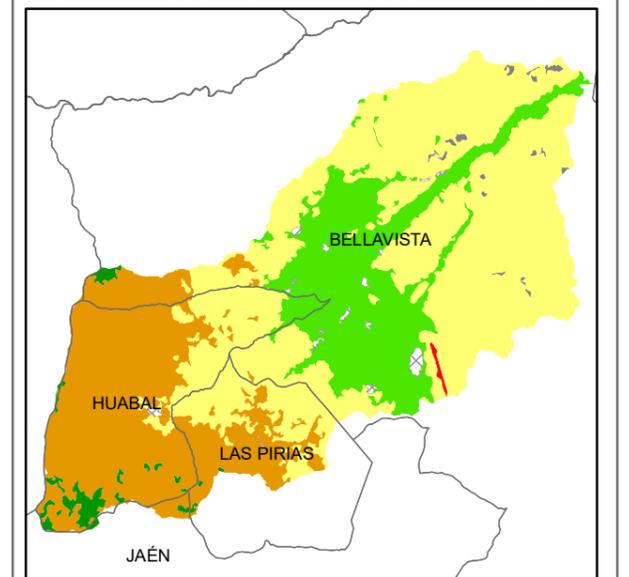


Figura 10. Mapa de cobertura y uso del suelo año 2020



UBICACIÓN DEL LÍMITE DISTRITAL DE LA MICROCUENCA



LEYENDA

--- Límite distrital

NIVEL I	NIVEL II	NIVEL III	Código	Área_ha	%
1. Áreas artificializadas	1.1. Áreas urbanizadas	1.1.1 Tejido urbano continuo	Tu	233.487	0.683
	1.2. Áreas industriales e infraestructura	1.2.4 Aeropuertos	Ae	49.070	0.143
		2.1 Cultivos transitorios		Ct	6629.098
2. Áreas agrícolas	2.4 Áreas agrícolas heterogéneas	2.4.3 Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	Mcpen	8887.920	25.985
		3.1 Bosques	3.1.3 Bosque denso alto	Bda	517.260
	3.3 Áreas con vegetación herbácea y/o arbustivo	3.3.4 Vegetación arbustiva / Herbácea	Var/her	17741.880	51.870
		3.4 Áreas sin o con poca vegetación	3.4.3 Tierras desnudas	Td	145.669
Total				34204.384	100.00

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL Y AMBIENTAL

MAPA DE COBERTURA Y USO DEL SUELO - 2020

Tesis: "Determinación de cambios de cobertura y de uso del suelo con imágenes satelitales, de la microcuenca de la quebrada Shumba-Jaén; periodo 1998-2020"

Tesisistas: Bach. Noemí Callirgos Jiménez
 Bach. Mariela Judith Quispe Carhuapoma

Sistema de Coordenadas UTM WGS 84 Zona 17S	Fuente MINAM, MTC, INEI, ANA, IGN, MINEDU	Escala 1: 115 000	Mapa F-10
--	---	----------------------	---------------------

Figura 11. Mapa de cambio y no cambio 1998 - 2020

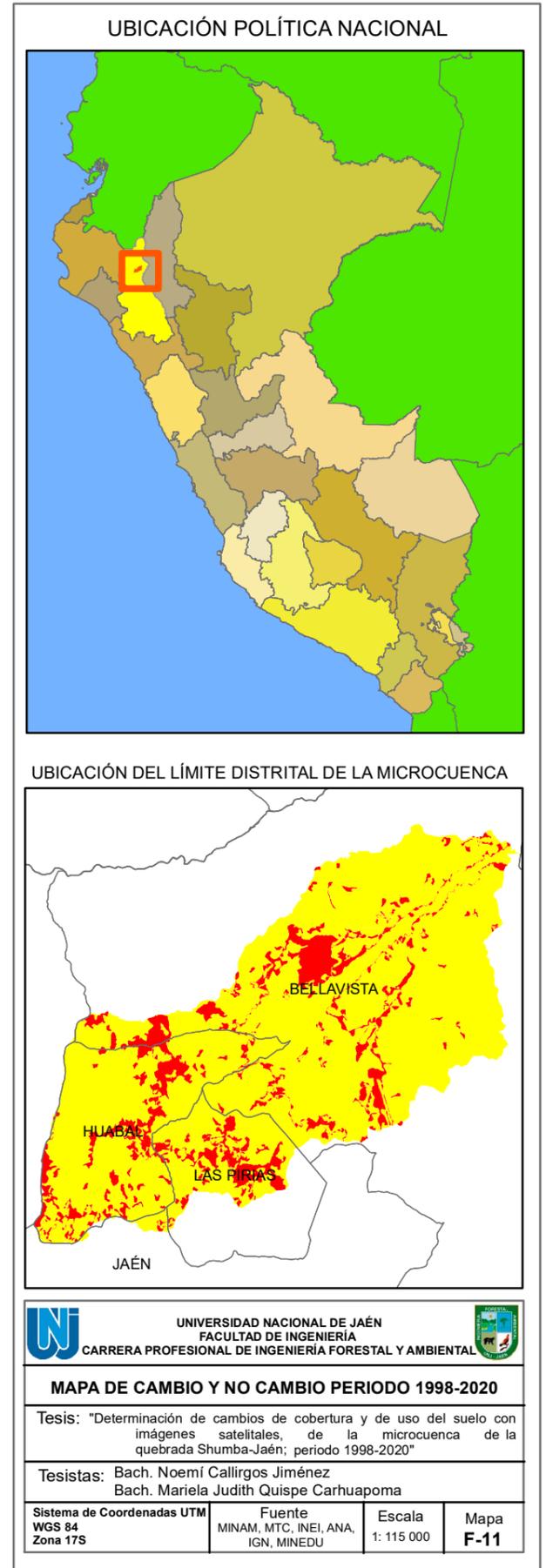
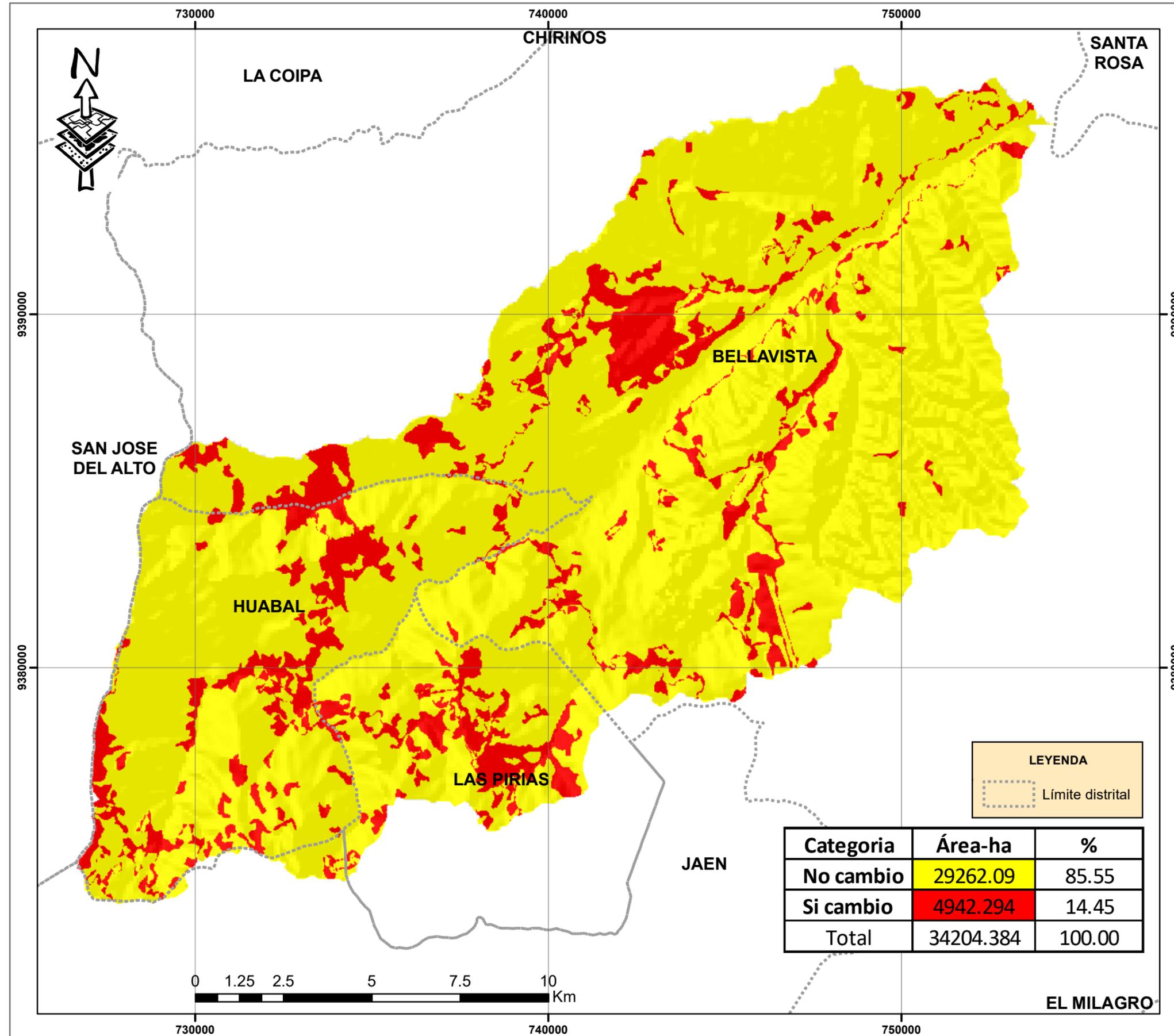


Figura 12. Mapa de transición de la cobertura y uso de suelo 1998 - 2020

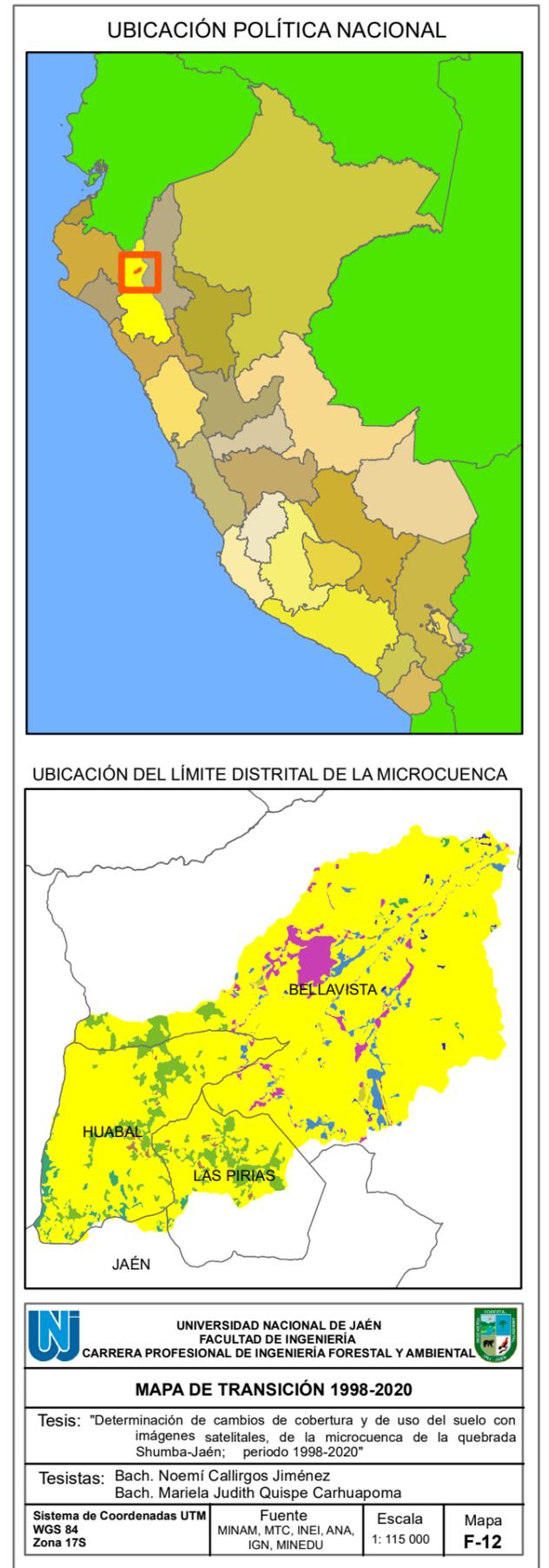
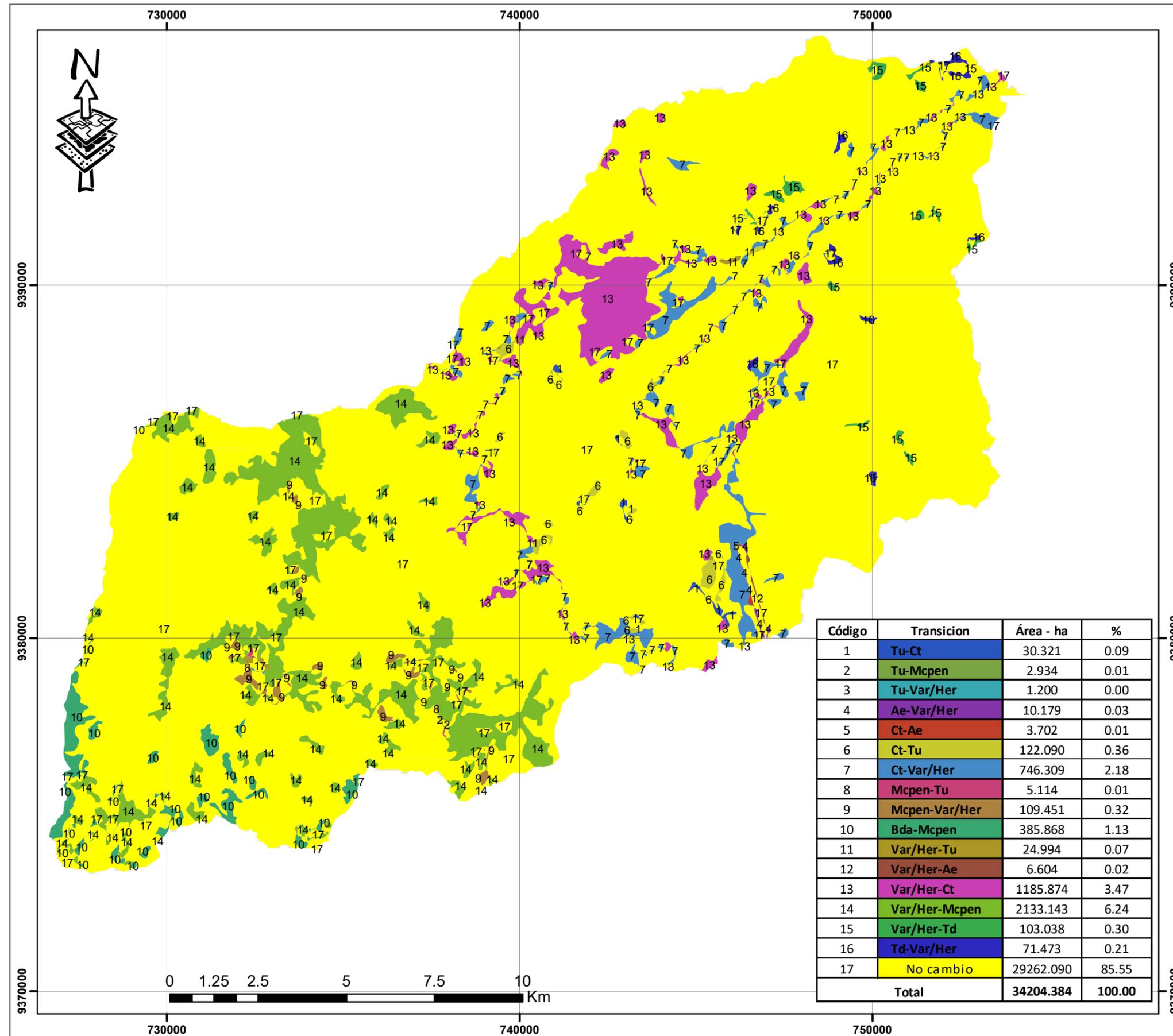
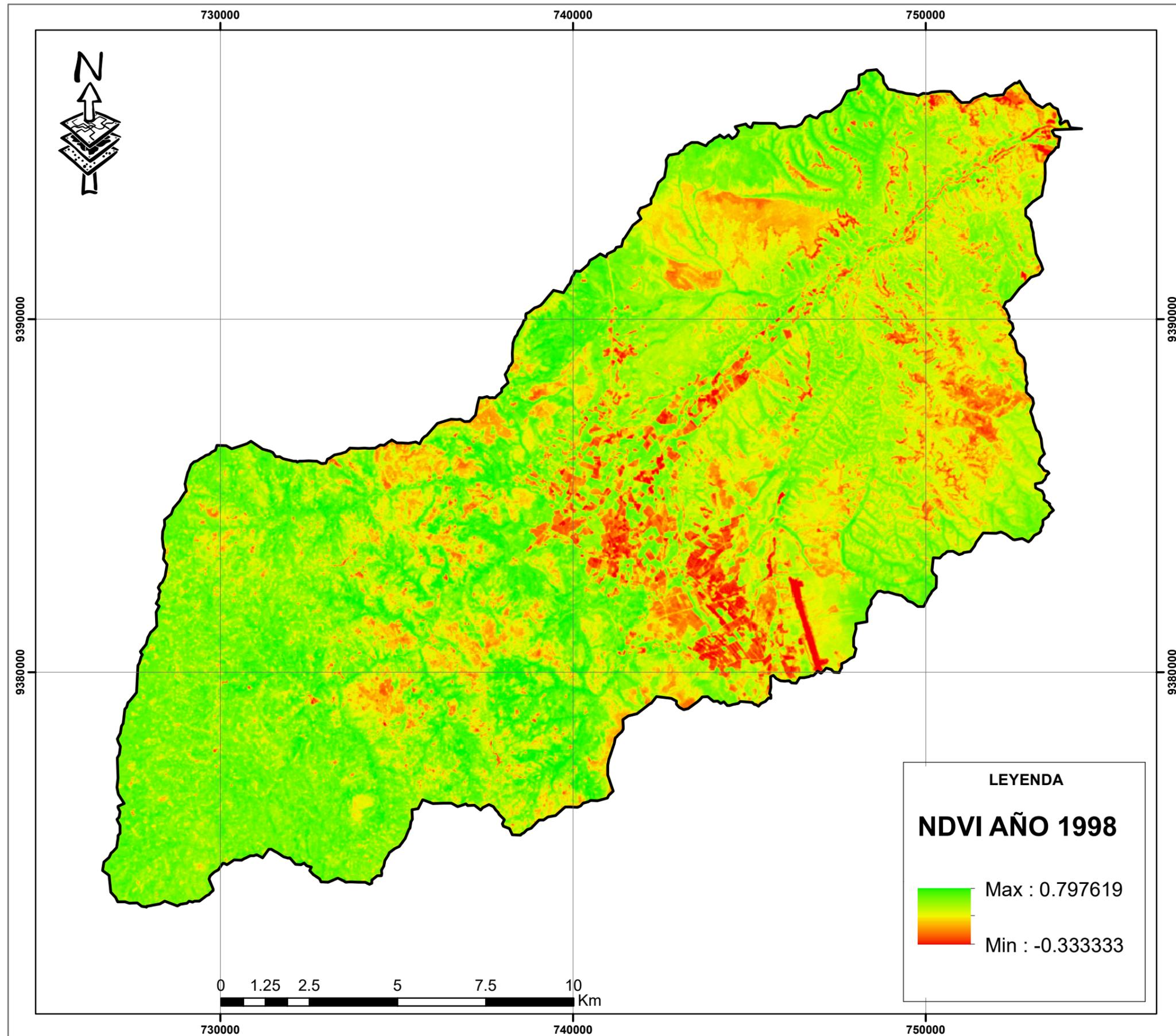


Figura 13. Mapa de NDVI periodo 1998



UBICACIÓN POLÍTICA NACIONAL

UBICACIÓN DEL LÍMITE DISTRITAL DE LA CUENCA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL Y AMBIENTAL

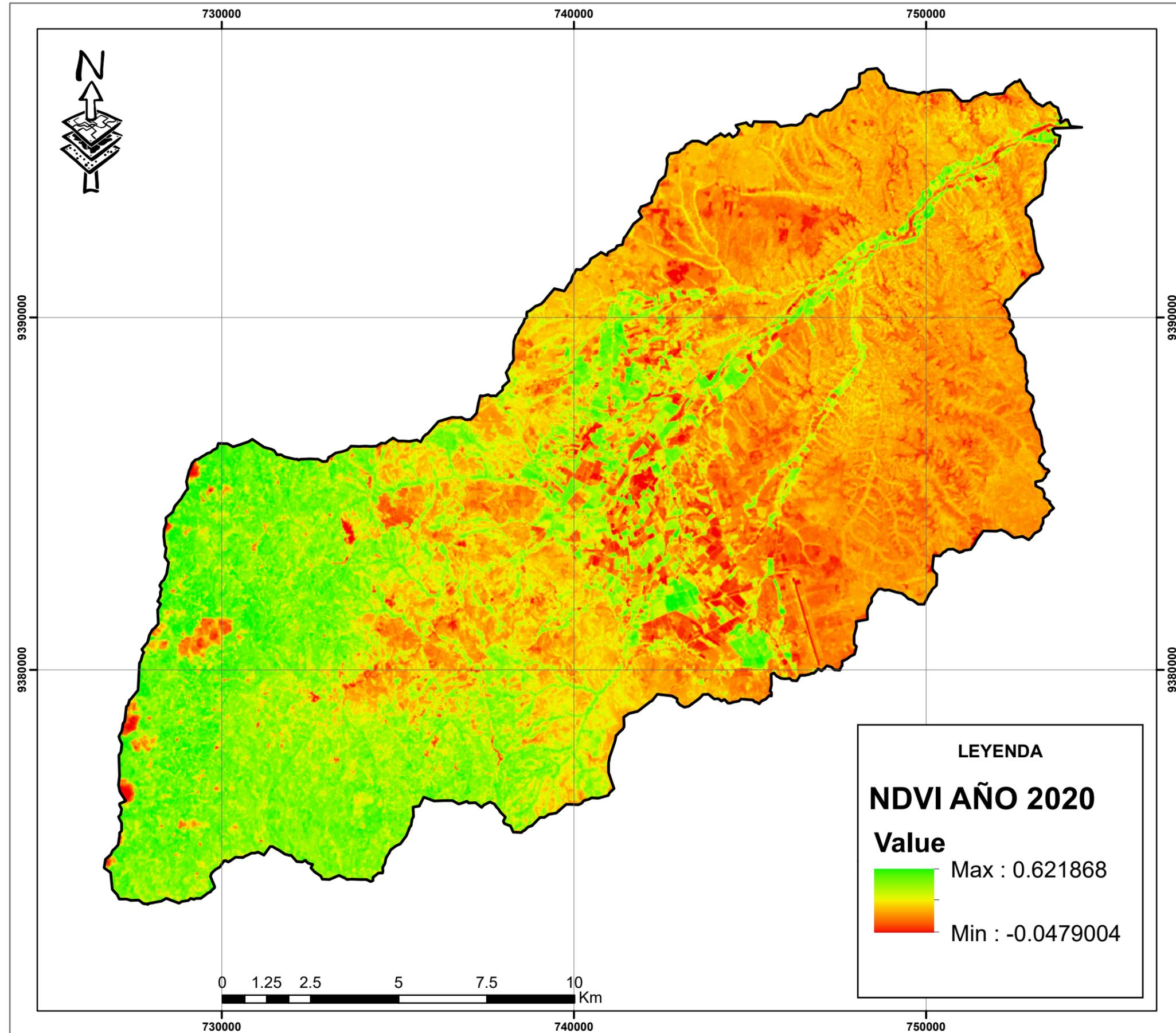
MAPA DE CLASIFICACIÓN NDVI 1998

Tesis: "Determinación de cambios de cobertura y de uso del suelo con imágenes satelitales, de la microcuenca de la quebrada Shumba-Jaén; periodo 1998-2020"

Tesistas: Bach. Noemí Callirgos Jiménez
 Bach. Mariela Judith Quispe Carhuapoma

Sistema de Coordenadas UTM WGS 84 Zona 17S	Fuente MINAM, MTC, INEI, ANA, IGN, MINEDU	Escala 1: 115 000	Mapa F-13
--	---	----------------------	---------------------

Figura 14. Mapa de NDVI periodo 2020



UBICACIÓN POLÍTICA NACIONAL

UBICACIÓN DEL LÍMITE DISTRITAL DE LA CUENCA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL Y AMBIENTAL

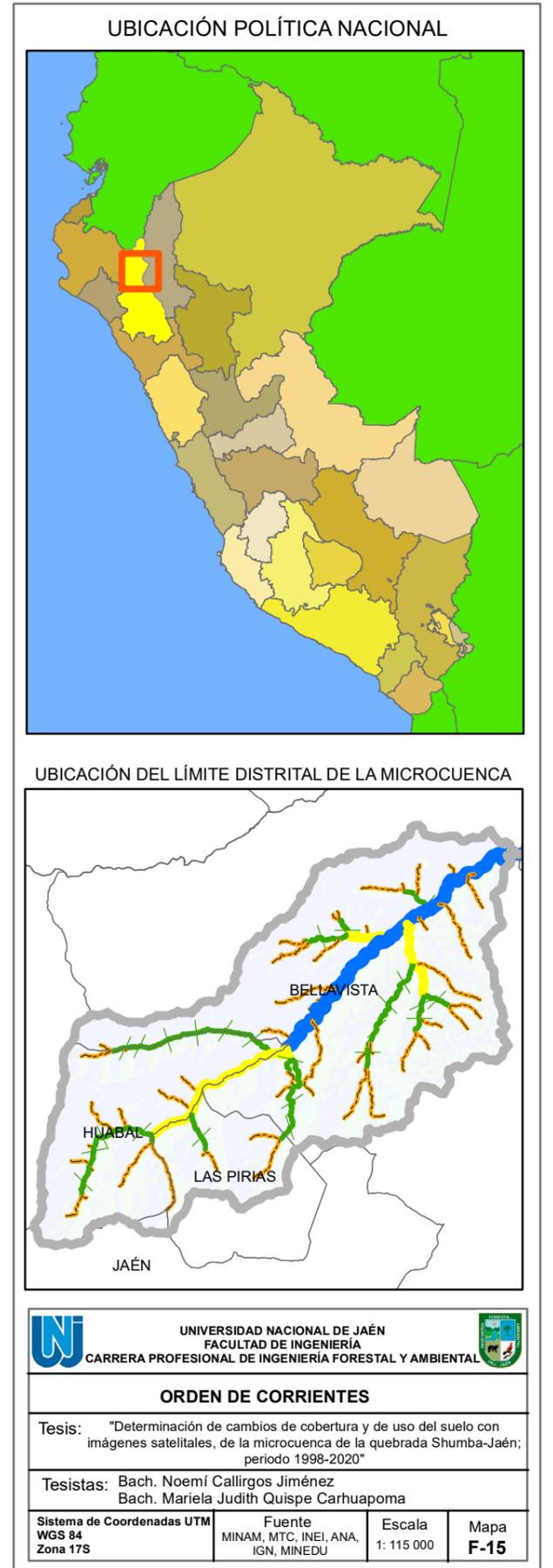
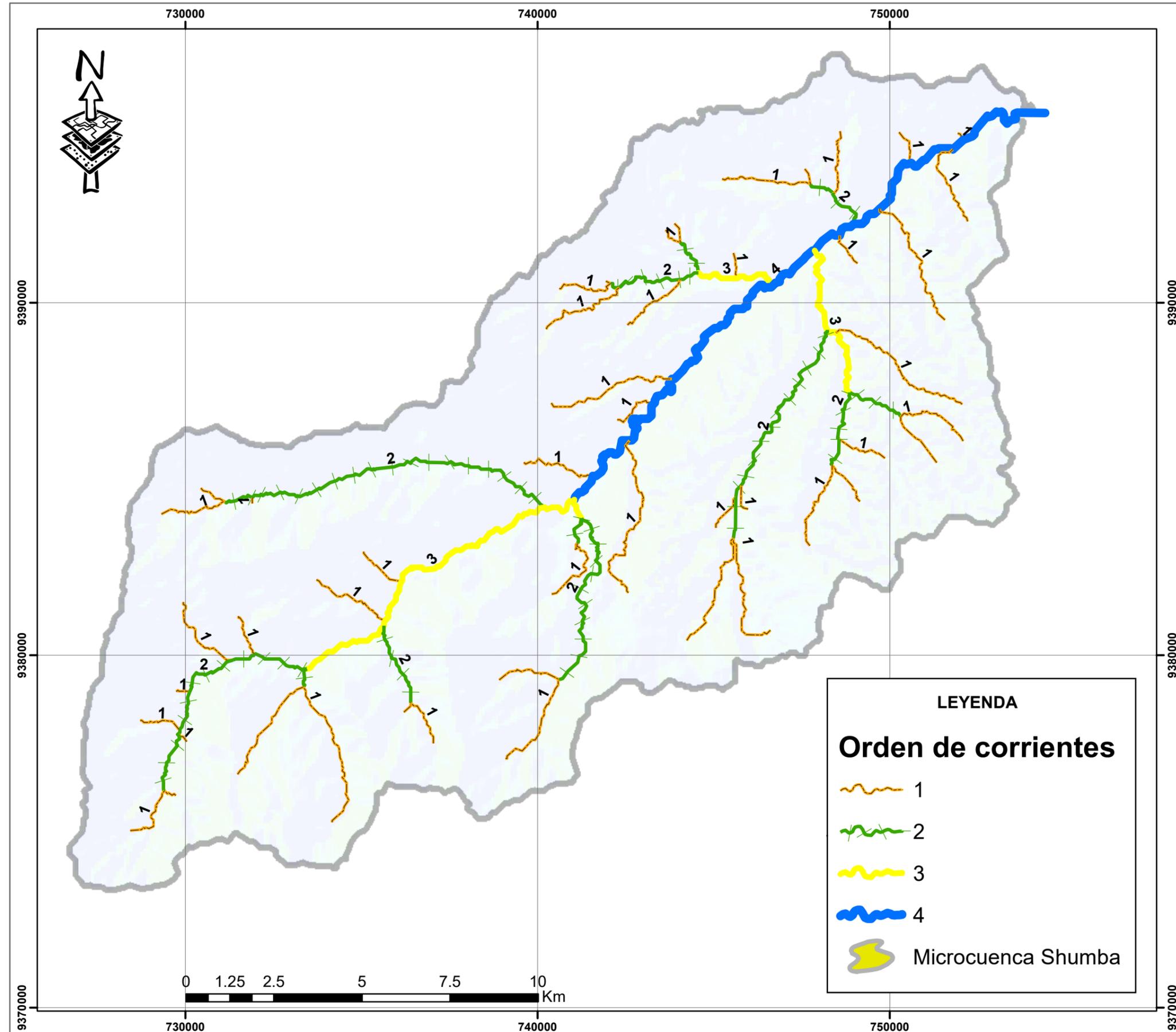
MAPA DE CLASIFICACIÓN NDVI 2020

Tesis: "Determinación de cambios de cobertura y de uso del suelo con imágenes satelitales, de la microcuenca de la quebrada Shumba-Jaén; periodo 1998-2020"

Tesistas: Bach. Noemí Callirgos Jiménez
 Bach. Mariela Judith Quispe Carhuapoma

Sistema de Coordenadas UTM WGS 84 Zona 17S	Fuente MINAM, MTC, INEI, ANA, IGN, MINEDU	Escala 1: 115 000	Mapa F-14
--	---	----------------------	---------------------

Figura 15. Mapa de orden de corrientes de la microcuenca de la quebrada Shumba



V. DISCUSIÓN

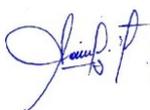
Ato, A., & Gonzales, J. (2019). En su tesis de pregrado: Análisis de la relación entre el cambio de la cobertura vegetal y la cantidad de agua 1995_2019 en la microcuenca Amojú-Jaén, realizaron la clasificación con la metodología Corine Land Cover (CLC), en una superficie total de 35 372.90 ha, obteniendo las siguientes categorías para el año 2019: Tejido urbano continuo 646.30 ha (1.83%), cultivos transitorios 4104.41 ha (11.60%), mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales 14 214.73 ha (40.19%), bosque abierto bajo 7 524.80 ha (27.27%), bosque denso alto 2 729.63 ha (7.72%), vegetación arbustiva/herbácea 4 239.07 ha (11.98%), tierras desnudas 1 913.96 ha (5.41%). Así mismo en nuestra investigación se obtuvieron las siguientes categorías para el año 2020: Tejido urbano continuo 233.487 ha (0.68 %), aeropuertos 49.070 ha (0.14 %), cultivos transitorios 6629.098 ha (19.38 %), mosaico de cultivos pastos y espacios naturales 8 887.920 ha (25.98%), bosque denso alto 517.260 (1.51%), vegetación arbustiva/herbácea 17 741.880 ha (51.87 %), tierras desnudas 145.669 ha (0.43 %).

En nuestra investigación de acuerdo a la dinámica de cambio de cobertura y uso de suelo para el periodo 1998-2020, la categoría tejido urbano continuo (Tu) ha tenido un aumento en 117.744 ha, esto se debe al incremento de áreas urbanas en la zona de estudio. Así mismo la categoría aeropuerto ha tenido un aumento de 0.127, debido a que se realizó eliminación de la vegetación alrededor de la pista de aterrizaje al entrar en funcionamiento con vuelos regulares.

En cuanto a la categoría cultivos transitorios (Ct) tuvo un incremento de 344.125 ha como consecuencia de la acción antrópica en la expansión agrícola de cultivos en la parte baja de la microcuenca mientras tanto la categoría mosaica de cultivos, pastos y espacios naturales (Mcpen), tuvo un incremento de 1 861.065 ha, debido a la expansión de las parcelas de café, instalación de áreas con pastizales para alimentación del ganado.

La categoría bosque denso alto (Bda), perdió 112.712 ha, este comportamiento se se atribuye a la deforestación generada para instalación de áreas agrícolas, pastizales para el ganado y construcción de viviendas.

La categoría vegetación arbustiva / herbácea disminuyó en 2 241.885 ha (6.55 %), como consecuencia de la expansión agrícola, pastoreo de ganado, uso de las especies arbustivas para leña y crecimiento del tejido urbano a diferencia de la categoría tierras desnudas que aumento en 31.535 ha, como consecuencia de la erosión y deforestación.



VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

Se determinó los cambios de cobertura y uso del suelo mediante imágenes satelitales, de la microcuenca de la quebrada Shumba- Jaén, periodo 1998- 2020, con la metodología Corine Land Cover (CLC), en un nivel II y III.

Se analizó el cambio de cobertura y uso del suelo en la microcuenca de la quebrada Shumba, utilizando imágenes satelitales y observación directa, periodo 1998-2020 y se concluye que los cambios fueron generados principalmente por actividades antrópicas.

Se calculó el índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI), derivados de las imágenes Landsat para estimar el estado de la cobertura vegetal, observándose que en el periodo de 22 años hay variación multitemporal del estado de la vigorosidad vegetal.

Se realizó la caracterización morfométrica de la microcuenca de la quebrada Shumba, determinando que esta tiene forma alargada según el factor de forma de Horton y oval- oblonga a rectangular- oblonga de acuerdo al índice de compacidad de Gravelius, esta presenta pendiente media empinada con el cauce principal de orden 4 y pendiente media suave. La densidad de drenaje es baja y el tiempo de concentración lento debido a la forma que presenta la microcuenca.

Se elaboró mapas temáticos de la microcuenca de la quebrada Shumba. Ubicación política, geográfica e hidrográfica e hidrografía, distribución de puntos de verificación en campo, cobertura y uso del suelo año 1998, cobertura y uso de suelo año 2020, cambio y no cambio 1998-2020, transición de la cobertura y uso del suelo 1998-2020, NDVI periodo 1998, NDVI periodo 2020 y orden de corriente. Los mapas de cobertura y uso de suelo para el periodo 1998-2020 se

encuentran en un rango de “fuerza de concordancia casi perfecta” de acuerdo a los indicadores de precisión del mapa como la índice kappa. Es decir, estos tienen un alto grado de correlación con la realidad.

6.2. Recomendaciones

Para los investigadores que realicen posteriores estudios en este tema, se recomienda que, antes de realizar el procesamiento de imágenes satelitales, se debe realizar una visita al área de estudio para reconocer la distribución y número de categorías que esta tendrá, con la finalidad de minimizar errores y también el trabajo en campo (verificación de categorías obtenidas). Trabajar con imágenes satelitales con un mínimo porcentaje de nubosidad y de alta resolución espacial, las cuales permitirán un análisis más preciso de cobertura y uso del suelo. Al momento de realizar las áreas de entrenamiento se debe ser minucioso ya que de ello dependerá que el error en la clasificación sea mínimo por consiguiente incrementar la fiabilidad en el estudio.

Los gobiernos locales, universidades, institutos, I.E; del ámbito de la microcuenca deben realizar jornadas de sensibilización a la población con respecto a la conservación de los ecosistemas y el recurso hídrico.

Las autoridades regionales y municipales, deben ejecutar proyectos de reforestación con especies nativas para recuperar coberturas forestales que han sido alteradas por el cambio de uso de suelo, generar proyectos dirigidos a los productores agropecuarios para el desarrollo de una agricultura sostenible, implementar sistemas agroforestales y silvopastoriles.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

- Ato, A., & Gonzales, J. (2019). *Análisis de la relación entre el cambio de la cobertura vegetal y la cantidad de agua 1995_2019 en la microcuenca Amojú-Jaén* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Jaén. Jaén, Perú.
- Alvarado, N., & Mainato, F. (2021). *Herramientas SIG para el estudio de la cobertura vegetal y cambio de uso de suelo en el cantón Chunchi, provincia del Chimborazo* (Tesis de pregrado). Universidad Politecnica Salesiana sede Cuenca, Cuenca, Ecuador.
- Bravo Morales, N. (2020). *Teledetección y procesamiento de imágenes satelitales*. Huánuco, Perú.
- Chuvienco, E. (2002). *Teledetección Ambiental: La observación de la tierra desde el espacio*. Barcelona, España: Ariel, S.A.
- García, I., & Villalobos, M. (2019). *Evaluación de la efectividad de las acciones implementadas para la conservación de la biodiversidad del área de conservación municipal bosque de Huamantanga* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Jaén. Jaén, Perú.
- Gámez Morales, W. (2010). *Texto Básico de Hidrología*. Managua, Nicaragua: Editronic, S.A.
- Gaspari, F., Rodríguez, A., Senisterra, G., Delgado, M., Besteiro, S. (2013). *Elementos metodológicos para el manejo de cuencas hidrográficas*. La Plata, Argentina: Editorial de la Universidad de la Plata.
- IDEAM. (2010). *Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra. Metodología CORINE Land Cover Adaptada para Colombia Escala 1:100.000*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, Bogota.

- INEI. (2007). *Censos Nacionales 2007. XI de población y VI de vivienda*. INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA, Lima.
- INEI. (2017). *Censos Nacionales 2017. XII de población y VII de vivienda y III de comunidades indígenas*. Instituto nacional de estadística e informática, Lima.
- INRENA. (1994). *Mapa Ecológico del Perú*. Escala 1/1 000 000. Lima. Perú.
- INEGI. (2011). *Dirección General de Geografía y Medio Ambiente*. Aspectos Técnicos de las imagenes Lansat.
- Juárez, M., (2016). *Delimitación de la cuenca y unidades hidrográficas del Arroyo La Encantada Saltillo Coahuila Mediante el Método Pfafstetter* (tesis pregrado). Universidad Autónoma Agraria Antonio Navarro, Buenavista Saltillo Coahuila, México.
- Oblitas, T., (2017). *Determinación de cambio de cobertura 2001-2013 del bosque tropical estacionalmente seco de la cuenca Amojú-Jaén, utilizando imágenes satelitales* (tesis de pregrado). Universidad Nacional de Cajamarca, Jaén, Perú.
- Oblitas, J., (2018). *Análisis de cambios de cobertura y uso de la tierra con imágenes satelitales en el distrito de El Parco, Provincia de Bagua, Departamento de Amazonas* (tesis de pregrado). Universidad Nacional de Cajamarca, Jaén, Perú.
- Palacios, E., (2015). *Análisis multitemporal de los cambios de la cobertura boscosa en la zona Pacifico Norte del departamento del Chocó, 1990-2014* (Tesis de grado). Universidad de Manizales, Manizales, Colombia.
- Perez, C & Muñoz, A (2006). *Teledetección: Nociones y Aplicaciones*. España, Avila
- Maquera, E., (2020). *Análisis de los cambios de cobertura y uso del suelo en el departamento de Tacna, periodo 2007, 2012 y 2017* (Tesis de posgrado). Universidad Nacional Jorge Basadre Groman-Tacna, Tacna Perú.

MINAM, 2014. *Análisis de las Dinámicas de Cambio de Cobertura de la Tierra en la Comunidad Andina* (en línea). Lima, Perú. Consultado 20 agos. 2020. Disponible en: https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/12113/02_informe-final-de-proyecto-dinamica-de-los-cambios-de-la-tierra-can.pdf

MINAM, 2014. *Protocolo: Análisis de las Dinámicas de Cambio de Cobertura de la Tierra en la Comunidad Andina* (en línea). Lima, Perú. Consultado 20 de agosto del 2020. Disponible en : <https://www.minam.gob.pe/ordenamientoterritorial/wp-content/uploads/sites/129/2017/02/04.-protocolo-analisis-de-las-dinamicas-8.pdf>

Pucha, F., Fries, A., Cánovas, F., Oñate, F., Gonzáles, V., Pucha, D. *Fundamentos del SIG Aplicaciones con ArcGIS*.2017. Recuperado de http://siar.minam.gob.pe/puno/sites/default/files/archivos/public/docs/libro_sig.pdf

Rivas, D., & Moreno, M. (2019). Delimitación hidrográfica y caracterización morfométrico de la cuenca del río Metica Auxiliar de investigación. (Tesis de grado). Universidad Cooperativa de Colombia Sede Villavicencio. Villavicencio, Colombia

Sepúlveda, A., Saavedra, P. y Esse, C. (2017). Análisis de cambio de cobertura y uso de suelo en una sub cuenca preandina chilena. Herramienta para la sustentabilidad productiva de un territorio. *Revista de Geografía Norte Grande*. Volumen (72), 9-25.

Sandoval, M. (2018). *Análisis de los cambios de cobertura y uso de la tierra del distrito de Bagua, utilizando imágenes de satélite periodos 2000-2008-2016* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Cajamarca, Jaén, Perú.

Sanchez, S. (2011). *Zonas de vida de Cajamarca*.

UGS, (2013) *Using the USGS Landsat 8 Product (in line)*...

Vásquez, A., Mejía, A., Faustino, J., Terán, R., Vásquez, I., Díaz, J., Vásquez, C... “&” Alcántara, J. (2016). *Manejo y Gestión de Cuencas de Cuencas Hidrográficas*. Lima, Perú: Editorial - UNALAM.

Witting, C., (2019). *Cambio de cobertura y uso del suelo en diferentes períodos a partir del uso de imágenes satelitales en el Distrito de codo del Pozuzo, Huánuco* (Tesis de pregrado). Universidad Agraria de la Selva, Huánuco.

Zhicay, J., (2020). *Caracterización morfométrica y estudio hidrológico de la microcuenca del río San Francisco, Cantón Gualaceo* (Trabajo de titulación). Universidad Politécnica Salesiana. Cuenca, Ecuador.

AGRADECIMIENTO

A nuestros asesores el Dr. Segundo Sánchez Tello por el constante asesoramiento y acompañamiento en las salidas a campo, al Ingeniero Henry Sandoval Melendres por compartir sus conocimientos en el manejo de software y procesamiento de las imágenes satelitales; gracias a ellos, por sus enseñanzas y apoyo desinteresado para el desarrollo de esta investigación.

Al ingeniero, Ilmer Yoel Villanueva Sarango, por la información y conocimientos compartidos.

A nuestros amigos de la Universidad Nacional de Jaén: Álvarez García, Darwin; Calle Iparraguirre, Nander Oriol; Samajen Juwag, Elio y Vera Olivera, Ismael Delmar; por el acompañamiento en las salidas a campo

A todos los docentes de la carrera profesional de Ingeniería Forestal y Ambiental de la Universidad Nacional de Jaén, quienes compartieron sus conocimientos y consejos, los cuales contribuyeron para formarnos como profesionales y seres humanos.

DEDICATORIA

A, mi Padre Dios, por sus maravillosas bendiciones por darme la vida, protegerme siempre; y a mis amados Padres Mario Absalón Callirgos Correa mi madre María Gloria Jiménez Guerrero, quienes me inculcaron muchos valores respeto, honestidad, humildad y son el pilar más importante en mi vida que con su dedicación, amor, por su apoyo incondicional para cumplir mis metas profesionales

Finalmente, a mis hermanos, hermanas y a mi estimada tía Fermina Jiménez Guerrero por sus consejos y motivación hicieron de mí una mejor persona.

CALLIRGOS JIMÉNEZ, Noemí

A DIOS por brindarme la salud, inteligencia y bendiciones para continuar con mis metas propuestas; A mi papá Tomas Quispe Rivera y mi mamá Santos Carhuapoma García, que con el apoyo incondicional que me han brindado he culminado mi carrera profesional, por los valores que me han inculcado, los consejos, comprensión y amor que me brindan cada día.

A mi hermana Sisely Lisbeth, mis hermanos: Jorge Luis, Alex Daniel y Carlos Fernando, quienes son un motivo más para seguir superándome.

QUISPE CARHUAPOMA, Mariela Judith

ANEXOS

Anexo 1. Leyenda Corine Land Cover adaptada para Perú

NIVEL I	NIVEL II	NIVEL III
1. Áreas Artificializadas	1.1. Áreas urbanizadas	1.1.1. Tejido urbano continuo
		1.1.2. Tejido urbano discontinuo
	1.2. Áreas industriales e infraestructura	1.2.1. Áreas industriales o comerciales
		1.2.2. Red vial, ferroviaria y terrenos asociados
		1.2.3. Áreas portuarias
		1.2.4. Aeropuertos
		1.2.5. Obras hidráulicas
		1.2.6. Infraestructura petrolera
	1.3. Áreas de extracción de minería e hidrocarburos y escombreras	1.3.1. Áreas de extracción de minería e hidrocarburos
		1.3.2. Áreas de disposición de residuos
	1.4. Áreas verdes artificializadas, no agrícolas	1.4.1. Áreas verdes urbanas
		1.4.2. Instalaciones recreativas
	2. Áreas agrícolas	2.1. Cultivos transitorios
2.1.2. Cereales		
2.1.3. Oleaginosas y leguminosas		
2.1.4. Hortalizas		
2.1.5. Tubérculos		
2.2. Cultivos permanentes		2.2.1. Cultivos permanentes herbáceos
		2.2.2. Cultivos permanentes arbustivos
		2.2.3. Cultivos permanentes arbóreos
		2.2.4. Cultivos agroforestales
		2.2.5. Cultivos confinados
2.3. Pastos		
2.4. Áreas agrícolas heterogéneas		2.4.1. Mosaico de Cultivos
		2.4.2. Mosaico de Pastos y Cultivos
		2.4.3. Mosaico de Cultivos, pastos y espacios naturales
		2.4.4. Mosaico de pastos con espacios naturales
	2.4.5. Mosaico de cultivos con espacios naturales	
3. Bosques y áreas mayormente naturales	3.1. Bosques	3.1.1. Bosque denso bajo
		3.1.2. Bosque abierto bajo
		3.1.3. Bosque denso alto
		3.1.4. Bosque abierto alto

		3.1.5. Bosque fragmentado
		3.1.6 Bosque Ripario
	3.2 Bosques plantados	3.2.1 Plantación Forestal
	3.3 Áreas con vegetación herbácea y/o arbustivo	3.3.1 Herbazal
		3.3.2 Arbustal
		3.3.3 Vegetación secundaria o en transición
		3.3.4 Vegetación arbustiva / herbácea
		3.3.5 Arbustal / área intervenida
		3.3.6 Herbazal / área intervenida
		3.3.7 Arbustal-Herbazal/área intervenida
	3.4 Áreas sin o con poca vegetación	3.4.1. Áreas arenosas naturales
		3.4.2 Afloramientos rocosos
		3.4.3 Tierras desnudas (incluye áreas erosionadas naturales y también degradadas)
		3.4.4 Áreas quemadas
		3.4.5 Glaciares
		3.4.6 Salares
4. Áreas húmedas	4.1. Áreas húmedas continentales	4.1.1. Áreas Pantanosas
		4.1.2. Turberas y bofedales
		4.1.3. Vegetación acuática sobre cuerpos de agua
	4.2 Áreas húmedas costeras	4.2.1. Pantanos costeros
		4.2.2. Salitral
		4.2.3. Sustratos y sedimentos expuestos en bajamar
5. Superficies de Agua	5.1. Aguas continentales	5.1.1. Ríos (50 m)
		5.1.2. Lagunas, lagos y ciénagas naturales permanentes
		5.1.3. Lagunas, lagos y ciénagas naturales estacionales
		5.1.4. Canales
		5.1.5. Cuerpos de agua artificiales
	5.2 Aguas costeras	5.2.1. Lagunas costeras
		5.2.2. Mares y océanos
		5.2.3. Estanques para acuicultura marina

Fuente: (MINAM 2014) Análisis de las dinámicas de cambio de cobertura de la tierra en la Comunidad Andina.

Anexo 2. Descripción de las categorías de clasificación Corine Land Cover identificadas en la microcuenca de la quebrada Shumba.

Nivel II y III	Definición (IDEAM 2010)	Observación
1.1.1 Tejido urbano continuo (Tu)	Son espacios conformados por edificaciones y los espacios adyacentes a la infraestructura edificada. Las edificaciones, vías y superficies cubiertas artificialmente cubren más del 80 % de la superficie del terreno. La vegetación y el suelo desnudo representan una baja proporción del área del tejido urbano. La superficie de la unidad debe ser superior a cinco hectáreas.	-Distrito de Huabal, Las Pirias, Bellavista, Shumba
1.2.4 Aeropuertos (Ae)	Comprende la infraestructura donde funciona una terminal aérea. Incluye las pistas de aterrizaje y carreteo, los edificios, las superficies libres, las zonas de amortiguación y la vegetación asociada.	-Aeropuerto de Shumba
2.1 Cultivos transitorios (Ct)	Son áreas ocupadas por cultivos cuyo ciclo vegetativo es menor a un año, llegando incluso a ser de solo unos meses; por ejemplo, cereales, tubérculos, oleaginosas, hortalizas y algunas especies de flores. Su característica principal, que después de la cosecha es necesario volver a sembrar para seguir produciendo.	Cultivos presentes en el área de estudio: Arroz (<i>Oryza sativa</i>), maíz (<i>Zea mays</i>), soya (<i>Glycine max</i>), frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i>), yuca (<i>Manihot esculenta</i>), papaya (<i>Carica papaya</i>), piña (<i>Ananas comosus</i>).
2.4.3. Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales (Mcpen)	<p>Comprende las superficies del territorio ocupados principalmente por coberturas de cultivos y pastos en combinación con espacios naturales.</p> <p>En esta unidad, el patrón de distribución de las coberturas no puede ser representado individualmente como parcelas con tamaño mayor a 25 hectáreas. Las áreas de cultivos y pastos ocupan entre el 30 % y 70 % de la superficie total de la unidad.</p> <p>Los espacios naturales están ocupados por relictos de bosque natural, arbustal, bosque de galería o riparios, vegetación secundaria o en transición, pantanos y otras áreas no intervenidas o poco transformadas, que debido a limitaciones de uso por características biofísicas permanecen en estado natural o casi natural.</p>	<p>En esta categoría se evidenció cultivos de Café (<i>Coffea arabica</i>) de las variedades (caturra, catimore, típica y pache), en combinación con plátano (<i>Musa sp</i>), huaba (<i>Inga sp</i>), pajuro (<i>Erythrina edulis</i>), y en sistemas agroforestales con las especies de eucalipto (<i>Eucalyptus deglupta</i>, <i>Eucalyptus saligna</i>), Pino (<i>Pinus radiata</i>), cedro (<i>Cedrela odorata</i>); pastos cultivados: Elefante (<i>Pennisetum purpureum</i>), mequerón (<i>Setaria sphacelata</i>), Brizanta (<i>Brachiaria brizantha</i>), sorgo (<i>Pennisetum purpureum</i>), paja chilena (<i>Panicum maximu</i>).</p>
3.1.3 Bosque denso alto (Bda)	Cobertura constituida por una comunidad vegetal dominada por elementos	Especies identificadas en esta categoría son: Huabilla,

	típicamente arbóreos, los cuales forman un estrato de copas (dosel) más o menos continuo cuya área de cobertura arbórea representa más del 70% del área total de la unidad, y que en un promedio presentan una altura de dosel superior a los 15 m	romorillo macho (<i>Retrophyllum rospigliosii</i>), romerillo hembra (<i>Podocarpus rospigliosii</i>), lanche (<i>Myrcia fallax rich</i>), militar (<i>Myrcia sp</i>).
3.3.4 Vegetación arbustiva/ Herbácea (Var/her)	Comprende un grupo de coberturas vegetales de tipo natural y producto de la sucesión natural, cuyo hábito de crecimiento es arbustivo y herbáceo, desarrollados sobre diferentes sustratos y pisos altitudinales, con poca o ninguna intervención antrópica.	Especies identificadas en esta categoría son: Iguaguana (<i>Cordia iguaguana</i>), Catagua (<i>Hura crepitans L</i>), Hormiguero (<i>Miconia sp</i>), Chilca blanca (<i>Baccharis latifolia (Ruiz & Pav.) pers</i>), Palo verde (<i>Parkinsonia praecox</i>), Cuyishina (<i>Croton sp</i>), Huanarpo (<i>Jatropha humboldtiana</i>).
3.4.3 Tierras desnudas (Td)	Esta cobertura corresponde a las superficies de terreno desprovistas de vegetación o con escasa cobertura vegetal, debido a la ocurrencia de procesos tanto naturales como antrópicos de erosión y degradación extrema y/o condiciones climáticas extremas.	

Fuente: Elaboración propia

Anexo 3. Coordenadas de puntos de verificación en campo

PUNTOS	COORDENADAS		DESCRIPCIÓN
	ESTE	NORTE	
1	739032	9375816	Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales.
2	738194	9376259	Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales.
3	737958	9376332	Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales.
4	737845	9377577	Tejido urbano continuo
5	737590	9376776	Mosaico de cultivo, pastos y espacios naturales.
6	735894	9377248	Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales
7	734918	9378071	Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales.
8	734650	9378523	Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales.
9	735621	9378753	Vegetación Arbustiva/ Herbácea
10	733831	9379646	Vegetación Arbustiva/ Herbácea
11	733056	9379236	Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales.
12	732635	9379190	Tejido urbano continuo
13	729326	9376545	Mosaico de cultivo, pastos y espacios naturales.
14	729889	9373825	Bosque denso alto
15	730880	9383525	Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales.
16	733482	9383076	Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales.
17	734467	9383795	Vegetación Arbustiva/ Herbácea
18	735637	9378749	Vegetación Arbustiva/ Herbácea
19	735340	9378991	Vegetación Arbustiva/ Herbácea.
20	740172	9381722	Cultivos transitorios
21	742901	9385350	Tejido urbano continuo
22	747070	9391250	Vegetación Arbustiva/ Herbácea
23	749374	9392697	Vegetación Arbustiva/ Herbácea
24	752269	9395064	Cultivos transitorios
25	752642	9395087	Cultivos transitorios
26	753277	9395502	Cultivos transitorios
27	751608	9394883	Vegetación Arbustiva/ Herbácea
28	750719	9394429	Vegetación Arbustiva/ Herbácea

29	749997	9393713	Vegetación Arbustiva/ Herbácea
30	746568	9390545	Cultivos transitorios
31	746297	9389621	Cultivos transitorios
32	744053	9387502	Cultivos transitorios
33	743297	9386639	Cultivos transitorios
34	736929	9384497	Vegetación Arbustiva/ Herbácea
35	738876	9384039	Cultivos transitorios
36	739257	9388181	Vegetación Arbustiva/ Herbácea
37	739639	9385834	Cultivos transitorios
38	741090	9383218	Cultivos transitorios
39	742063	9386597	Cultivos transitorios
40	745283	9381204	Tejido urbano continuo
41	741137	9391082	Vegetación Arbustiva/ Herbácea
42	747945	9385401	Vegetación Arbustiva/ Herbácea
43	751783	9386220	Vegetación Arbustiva/ Herbácea
44	732842	9374802	Mosaico de cultivos pastos y espacios naturales
45	729474	9380467	Mosaico de cultivos pastos y espacios naturales
46	731495	9379824	Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales
47	736762	9381662	Vegetación Arbustiva/ Herbácea
48	746510	9381070	Aeropuerto

Fuente: Elaboración propia

Anexo 4. Valores interpretativos del factor de forma

Valores aproximados	Forma de la cuenca
> 0.22	Muy alargada
0.22- 0.300	Alargada
0.300- 0.37	Ligeramente alargada
0.37- 0.450	Ni alargada ni ensanchada
0.45- 0.60	Ligeramente ensanchada
0.60- 0.80	Ensanchada
0.80- 1.20	Muy ensanchada
>1.200	Rodeando el desague

Fuente: Horton 1932 citado por Rivas, D & Moreno, M., 2019 “Delimitación hidrográfica y caracterización morfométrico de la cuenca del río Metica Auxiliar de investigación”

Anexo 5. Formas de la cuenca de acuerdo al índice de compacidad

Clase de forma	Índice de Compacidad	Forma de la cuenca
Clase I	1.0 a 1.25	Casi redonda a oval - redonda
Clase II	1.26 a 1.50	Oval - redonda a oval oblonga
Clase III	1.51 ó a más de 2	Oval – oblonga a rectangular – oblonga

Fuente: Campos 1992 Citado por Juárez, M.,2016 “Delimitación de la cuenca y unidades hidrográficas del Arroyo La Encantada Saltillo Coahuila Mediante el Método Pfafstetter

Anexo 6. Clasificación del relieve de una cuenca de acuerdo a su pendiente

Rangos de Pendientes (%)	Descripción
00-4	Nula o casi Nivel
4 - 8	Ligeramente inclinada
8-15	Ligeramente inclinada a moderadamente empinada
15 - 25	Moderadamente empinada
25-50	Empinada
50 - 75	Muy empinada
>75	Extremadamente empinada

Fuente: Alcántara, 2008. Citado por Zhicay, J., 2020 “Caracterización morfométrica y estudio hidrológico de la microcuenca del río San Francisco, Cantón Gualaceo”

Anexo 7. Clases de pendiente del cauce en (%)

Rangos de Pendiente	Clases
>10	Suave
10-30	Moderada
>30	Fuerte

Fuente: Balderon, 2016. Citado por Zhicay, J., 2020 “Caracterización morfométrica y estudio hidrológico de la microcuenca del río San Francisco, Cantón Gualaceo”

Anexo 8. Clases de densidad de drenaje

Rangos de densidad	Clases
0.1 – 1.8	Baja
1.9 – 3.6	Moderada
3.7 – 5.6	Alta

Fuente: Juárez, M., 2016. “Delimitación de la cuenca y unidades hidrográficas del arroyo La encantada Saltillo Coahuila Mediante el Método Pfafstetter”

Anexo 9. Clases de tiempo de concentración (min)

Rangos Tc	Clases
< 40	Rápido
40-80	Moderado
>80	Lento

Fuente: Baldeon.2016, Citado por Zhicay, J., 2020 “Caracterización morfométrica y estudio hidrológico de la microcuenca del río San Francisco, Cantón Gualaceo”.

Anexo 10. Panel fotográfico de la validación in situ del mapa de cobertura y uso de suelo



Figura 16. Tejido urbano continuo (Tu), distrito de Huabal

Juan P.

Alfonso

Nadine

Alfonso



Coordenadas UTM
 Este :746510
 Norte:9381070

Figura 17. Aeropuerto (Ae) de Shumba



Coordenadas UTM
 Este :740172
 Norte:9381722

Figura 18. Cultivos transitorios (Ct), de arroz en el caserío el Puquio- Bellavista

Handwritten signature

Handwritten signature

Handwritten signature

Handwritten signature



Figura 19. Mosaico de cultivos pastos y espacios naturales (Mcpen), en el caserío San Ramon Alto- Huabal

Jain P.

Alonso

Nadings

Alonso



Coordenadas UTM
Este: 735340
Norte: 9378991

Figura 20. Vegetación herbácea (Var/her)



Coordenadas UTM
Este : 749374
Norte: 9392697

Figura 21. Vegetación arbustiva del caserío Canana- Bellavista



Figura 22. Visita conjunta del asesor y tesistas a la microcuenca de la quebrada Shumba

Janet P.

Adriana H.

Nadine G.

María J.

Anexo 11. Boleta de venta electrónica: Licencia ESRI



TELEMATICA S A
 P.J. 4 NRO. 0127 INT. 303 URB. CORPAC LIMA -
 LIMA - SAN ISIDRO

RUC: 20101984291
BOLETA DE VENTA ELECTRONICA
Nro. BS84-00000385

Adquiriente:
MARIELA JUDITH QUISPE CARHUAPOMA
 DNI: 71093829
 JIRON CUSCO N° 143 JAEN - CAJAMARCA

Fecha de vencimiento: **01-06-2021** Moneda: **SOLES (PEN)**
 Fecha de emision: **01-06-2021** IGV: **18.00%**

Otros Datos:

Cantidad	Unidad	Descripcion	% Descuento	Precio Unitario	Importe total
1	-	ES43D ArcGIS Desktop for Personal Use	0.00%	507.00	507.00

Observaciones

Operacion Gravada S/ 429.66

Subtotal S/ 429.66

IGV S/ 77.34

Importe total S/ 507.00

Importe en letras
 QUINIENTOS SIETE Y 00/100 SOLES

Resumen

Cuentas Bancarias
BBVA Soles 0011-0910-79-0100169786
 CCI 011 910 000100169786 79
BBVA Dolares 0011-0910-73-0100169794
 CCI 011 910 000100169794 73
BCP Soles 193-1161064-0-18
 CCI 002 193 001161064018 14
BCP Dolares 193-1158421-1-31
 CCI 002 193 001158421131 19

Representación impresa de la factura electrónica, consulte en:
<https://www.Contable.pe/home/consulta>