



Universidad Nacional  
**Federico Villarreal**

**VRIN** | VICERRECTORADO  
DE INVESTIGACIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y  
ECOTURISMO

EVOLUCIÓN Y ESTIMACIÓN DEL USO ACTUAL DE LA  
TIERRA Y LA CALIDAD DE LA CUBIERTA VEGETAL EN EL  
DISTRITO DE VILLA RICA

Línea de investigación:

Procesamiento digital de imágenes y señales

Tesis para optar el título profesional de  
ingeniero ambiental

**Autor:**

Espinoza Aristizabal, Nilton Juan

**Asesora:**

Ventura Barrera, Carmen Luz  
ORCID: 0000-0003-0603-9777

**Jurado:**

Rojas León, Gladys  
Mendoza García, José Tomás  
Vásquez Aranda, Omar Ahuber

Lima – Perú  
2023

### **Dedicatoria**

A Dios en primera instancia por la vida y salud, a mis padres Elvis y Lucy por sus consejos, apoyo, amor y comprensión durante tantos años; a mis abuelas Mercedes y Marina, mis abuelos Lucio y Leo QEPD, a mis hermanos, tíos, tías y primos que siempre me apoyaron brindándome soporte, ánimos y confianza en mí mismo.

A Jackeline Delzo por la paciencia, amor, consejos y las experiencias compartidas durante muchos años.

A mi felino amigo “Negrito” que hoy en vida no se encuentra, gracias por la compañía y protección a mi familia durante toda mi etapa universitaria.

### **Agradecimientos**

A todas aquellas personas, familiares, amigos y demás que influyeron en mi desarrollo profesional y personal.

A mi querida Universidad Nacional Federico Villarreal por la formación universitaria y humana brindada, así como toda la plana docente involucrada en esta.

A mi asesora de tesis Carmen Luz Ventura Barrera, revisores y jurados por ser el filtro y responsables directos en la aprobación y publicación de la presente investigación.

A Miguel Pérez Aguirre, por su constante apoyo, amistad, motivación y flexibilidad para con mi persona.

## ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1. Descripción y formulación del problema .....	1
1.1.1. Descripción de la realidad problemática .....	1
1.1.2. Formulación del problema .....	2
1.2. Antecedentes .....	3
1.2.1. Antecedentes nacionales .....	3
1.2.2. Antecedentes internacionales .....	7
1.3. Objetivos .....	11
1.3.1. Objetivo general. ....	11
1.3.2. Objetivos específicos .....	11
1.4. Justificación.....	11
1.5. Hipótesis.....	12
1.5.1. Hipótesis general. ....	12
1.5.2. Hipótesis específicas.....	12
II. MARCO TEÓRICO .....	14
2.1. Bases teóricas sobre el tema de investigación.....	14
2.1.1. Clasificación supervisada .....	14
2.1.2. Cubierta vegetal .....	15
2.1.3. Distrito de Villa Rica .....	15
2.1.4. Estadístico Kappa .....	59
2.1.5. Índice NDVI .....	60
2.1.6. Matriz de Confusión .....	62
2.1.7. Modelo de elevación digital (DEM).....	63
2.1.8. Teledetección.....	64
2.1.9. Programa satelital Landsat.....	65
2.1.10. Tratamientos de la imagen satelital .....	67
2.1.11. Uso actual de la tierra .....	71
III. MÉTODO .....	74
3.1. Tipo de investigación .....	74
3.2. Ámbito temporal y espacial .....	74
3.2.1. Ámbito temporal.....	74
3.2.2. Ámbito espacial .....	75

3.3. Variables .....	76
3.4. Población y muestra .....	77
3.5. Instrumentos .....	77
3.6. Procedimientos .....	81
3.6.1. Pre-procesamiento de imágenes satelitales.....	81
3.6.2. Procesamiento de imágenes satelitales .....	90
3.7. Análisis de datos .....	97
3.8. Limitaciones del trabajo de investigación.....	101
IV. RESULTADOS .....	102
4.1. Variación de los índices NDVI .....	102
4.1.1. Descripción de los resultados parciales .....	119
4.2. Variación de las categorías del Uso Actual de la Tierra .....	129
4.2.1. Descripción de los resultados parciales .....	138
4.3. Porcentajes de variación entre periodos analizados .....	148
4.3.1. Variación de categorías del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) 148	
4.3.2. Descripción de los resultados parciales .....	155
4.3.3. Variación de las categorías del Uso Actual de la Tierra.....	157
4.3.4. Descripción de los resultados parciales .....	161
4.4. Estimación para el año 2030 .....	162
4.4.1. Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) .....	162
4.4.2. Uso Actual de la Tierra.....	165
V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	171
VI. CONCLUSIONES .....	180
VII. RECOMENDACIONES.....	182
VIII. REFERENCIAS.....	184
IX. ANEXOS .....	191
9.1. Mapa de ubicación .....	191
9.2. Mapa de ruta de acceso .....	192
9.3. Mapa climatológico.....	193
9.4. Mapa de tipos de suelo.....	194
9.5. Mapa hidrológico .....	195
9.6. Mapa hidrogeológico .....	196
9.7. Mapa hidrográfico.....	197

9.8. Mapa de geología .....	198
9.9. Mapa de geomorfología .....	199
9.10. Mapa de capacidad de uso mayor .....	200
9.11. Mapa fisiográfico .....	201
9.12. Mapa de pendientes.....	202
9.13. Mapa de Áreas Naturales Protegidas .....	203
9.14. Mapa de cobertura vegetal .....	204
9.15. Mapa de ecosistemas.....	205
9.16. Mapa de ecorregiones .....	206
9.17. Mapa de zonas de vida .....	207
9.18. Mapa de visita técnica.....	208
9.19. Imagen satelital 1990 .....	209
9.20. Imagen satelital 2000 .....	210
9.21. Imagen satelital 2010 .....	211
9.22. Imagen satelital 2020 .....	212
9.23. Imagen satelital 2022 .....	213
9.24. Mapa de NDVI 1990.....	214
9.25. Mapa de NDVI 2000.....	215
9.26. Mapa de NDVI 2010.....	216
9.27. Mapa de NDVI 2020.....	217
9.28. Mapa de NDVI 2022.....	218
9.29. Mapa de uso actual de suelo 1990.....	219
9.30. Mapa de uso actual de suelo 2000.....	220
9.31. Mapa de uso actual de suelo 2010.....	221
9.32. Mapa de uso actual de suelo 2020.....	222
9.33. Mapa de uso actual de suelo 2022.....	223
9.34. Memoria fotográfica.....	224

## TABLA DE ILUSTRACIONES

Figura 1 Clasificación supervisada de categorías según el uso actual de tierras con software ENVI.....	14
Figura 2 Imagen referencial de la cubierta vegetal del distrito de Villa Rica .....	15
Figura 3 Plaza de Armas del distrito de Villa Rica .....	16
Figura 4 Capacidad de uso mayor del área de estudio (distrito de Villa Rica) .....	17
Figura 5 Climatología del área de estudio (distrito de Villa Rica).....	18
Figura 6 Edafología del área de estudio (distrito de Villa Rica) .....	19
Figura 7 Fisiografía del área de estudio (distrito de Villa Rica) .....	20
Figura 8 Geología del área de estudio (distrito de Villa Rica) .....	21
Figura 9 Geomorfología del área de estudio (distrito de Villa Rica) .....	23
Figura 10 Hidrografía del área de estudio (distrito de Villa Rica) .....	24
Figura 11 Hidrología del área de estudio (distrito de Villa Rica) .....	25
Figura 12 Hidrogeología del área de estudio (distrito de Villa Rica).....	26
Figura 13 Diagrama ombrotérmico de la estación Oxapampa (la más cercana al distrito de Villa Rica) .....	27
Figura 14 Pendientes del área de estudio (distrito de Villa Rica) .....	28
Figura 15 Áreas Naturales Protegidas del área de estudio (distrito de Villa Rica) .....	29
Figura 16 Cobertura vegetal del área de estudio (distrito de Villa Rica) .....	30
Figura 17 Ecorregiones del área de estudio (distrito de Villa Rica).....	31
Figura 18 Ecosistemas del área de estudio (distrito de Villa Rica).....	32
Figura 19 Zonas de vida del área de estudio (distrito de Villa Rica) .....	41
Figura 20 Valores de NDVI en función de la edad y/o estado de la vegetación .....	61
Figura 21 Ejemplificación de matriz de confusión binaria y sus métricas.....	62
Figura 22 Modelo de elevación digital (DEM) .....	63
Figura 23 Componentes y flujo del sistema de teledetección .....	65
Figura 24 Línea de tiempo del legado del programa LANDSAT .....	66
Figura 25 Ubicación del distrito de Villa Rica.....	75
Figura 26 Descarga y almacenamiento de imágenes satelitales del portal GLOVIS .....	81
Figura 27 Descarga y almacenamiento de los Modelos de Elevación Digital (DEM) del portal ASF .....	81
Figura 28 Apertura de imágenes satelitales Landsat en el software ENVI 5.3 (1).....	82
Figura 29 Corrección radiométrica de imágenes satelitales en el software ENVI 5.3 (1) ..	83

Figura 30 Corrección radiométrica de imágenes satelitales en el software ENVI 5.3 (2) ..	84
Figura 31 Corrección atmosférica de imágenes satelitales en el software ENVI 5.3 (1) ....	85
Figura 32 Corrección atmosférica de imágenes satelitales en el software ENVI 5.3 (2) ....	85
Figura 33 Corrección atmosférica de imágenes satelitales en el software ENVI 5.3 (3) ....	86
Figura 34 Recorte y empalme de imágenes satelitales del lugar de estudio.....	87
Figura 35 Empalme de imágenes satelitales del lugar de estudio .....	87
Figura 36 Diagrama de flujo para el preprocesamiento de imágenes satelitales.....	88
Figura 37 Creación de mosaico y extracción del DEM según área de estudio .....	88
Figura 38 Representación del mapa de sombras o “Hillshade” .....	89
Figura 39 Diagrama de flujo para el procesamiento de Modelos de Elevación Digital (DEM) .....	90
Figura 40 Procedimiento para el cálculo del Índice NDVI .....	91
Figura 41 Mapa de Índice NDVI del área de estudio para el año 1990 .....	92
Figura 42 Descarga de imágenes satelitales con el software SAS PLANET .....	93
Figura 43 Descarga de imágenes satelitales con el software SAS PLANET .....	94
Figura 44 Descarga de imágenes satelitales con el software SAS PLANET .....	95
Figura 45 Diagrama de flujo para el procesamiento de imágenes satelitales.....	97
Figura 46 Valores del índice NDVI por años evaluados – área sin vegetación .....	107
Figura 47 Valores de área según índice NDVI por años evaluados – área sin vegetación	108
Figura 48 Valores del índice NDVI por años evaluados – área con poca vegetación.....	109
Figura 49 Valores de área según índice NDVI por años evaluados – área con poca vegetación .....	110
Figura 50 Valores del índice NDVI por años evaluados – área con vegetación menos moderada .....	111
Figura 51 Valores de área según índice NDVI por años evaluados – área con vegetación menos moderada.....	112
Figura 52 Valores del índice NDVI por años evaluados – área con vegetación moderada	113
Figura 53 Valores de área según índice NDVI por años evaluados – área con vegetación moderada .....	114
Figura 54 Valores del índice NDVI por años evaluados – área con vegetación densa.....	115
Figura 55 Valores de área según índice NDVI por años evaluados – área con vegetación densa .....	116
Figura 56 Valores del índice NDVI por años evaluados – área con vegetación altamente densa .....	117

Figura 57 Valores de área según índice NDVI por años evaluados – área con vegetación altamente densa.....	118
Figura 58 Mapa del índice NDVI para el año 1990 del distrito de Villa Rica .....	124
Figura 59 Mapa del índice NDVI para el año 2000 del distrito de Villa Rica .....	125
Figura 60 Mapa del índice NDVI para el año 2010 del distrito de Villa Rica .....	126
Figura 61 Mapa del índice NDVI para el año 2020 del distrito de Villa Rica .....	127
Figura 62 Mapa del índice NDVI para el año 2022 del distrito de Villa Rica .....	128
Figura 63 Valores de área por años evaluados según categoría UGI: Tierras Improductivas. ....	134
Figura 64 Valores de área por años evaluados según categoría UGI: Asentamientos y tierras no agrícolas asociadas .....	135
Figura 65 Valores de área por años evaluados según categoría UGI: Árboles y otros cultivos perennes .....	135
Figura 66 Valores de área por años evaluados según categoría UGI: Bosques .....	137
Figura 67 Ejemplificación de área de cultivo de café en categoría de “Bosques” .....	140
Figura 68 Ejemplificación de área de cultivo de granadilla en categoría de “Tierras improductivas” .....	141
Figura 69 Ejemplificación de área de vía de tránsito (camino) al lado de la categoría de “Bosques” .....	141
Figura 70 Mapa de las categorías UGI para el año 1990 del distrito de Villa Rica .....	143
Figura 71 Mapa de las categorías UGI para el año 2000 del distrito de Villa Rica .....	144
Figura 72 Mapa de las categorías UGI para el año 2010 del distrito de Villa Rica .....	145
Figura 73 Mapa de las categorías UGI para el año 2020 del distrito de Villa Rica .....	146
Figura 74 Mapa de las categorías UGI para el año 2022 del distrito de Villa Rica .....	147
Figura 75 Evolución temporal de las categorías del índice NDVI en el distrito de Villa Rica .....	151
Figura 76 Variación porcentual por periodos de las categorías del índice NDVI en el distrito de Villa Rica .....	152
Figura 77 Evolución temporal de las áreas de las categorías del índice NDVI en el distrito de Villa Rica.....	153
Figura 78 Variación porcentual por periodos de las áreas de las categorías del índice NDVI en el distrito de Villa Rica .....	154
Figura 79 Evolución temporal de las áreas de las categorías del Uso Actual de la Tierra en el distrito de Villa Rica.....	159

Figura 80 Variación porcentual por periodos de las áreas de las categorías del Uso Actual de la Tierra en el distrito de Villa Rica .....	160
Figura 81 Imagen satelital empleada para el año 1990 del distrito de Villa Rica .....	166
Figura 82 Imagen satelital empleada para el año 2000 del distrito de Villa Rica .....	167
Figura 83 Imagen satelital empleada para el año 2010 del distrito de Villa Rica .....	168
Figura 84 Imagen satelital empleada para el año 2020 del distrito de Villa Rica .....	169
Figura 85 Imagen satelital empleada para el año 2022 del distrito de Villa Rica .....	170

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Cuadro resumen de categorías geológicas del distrito de Villa Rica .....	22
Tabla 2 Hidrografía del distrito de Villa Rica .....	23
Tabla 3 Ecosistemas existentes en el distrito de Villa Rica .....	33
Tabla 4 Especies de fauna identificadas en el distrito de Villa Rica.....	33
Tabla 5 Especies de flora identificadas en el distrito de Villa Rica .....	35
Tabla 6 Actividad piscícola en el distrito de Villa Rica .....	42
Tabla 7 Atractivos turísticos del distrito de Villa Rica .....	44
Tabla 8 Actividad agraria en el distrito de Villa Rica .....	45
Tabla 9 Producción pecuaria del distrito de Villa Rica .....	47
Tabla 10 Plantas de beneficio húmedo de café del distrito de Villa Rica .....	48
Tabla 11 Aserraderos del distrito de Villa Rica .....	50
Tabla 12 Concesiones mineras del distrito de Villa Rica.....	51
Tabla 13 Celebraciones y/o festividades del distrito de Villa Rica.....	51
Tabla 14 Resumen de comunidades nativas del distrito de Villa Rica.....	52
Tabla 15 Evolución poblacional del distrito de Villa Rica – periodos 1993 - 2017.....	53
Tabla 16 Resumen de instituciones educativas del distrito de Villa Rica.....	54
Tabla 17 Programas sociales del distrito de Villa Rica .....	55
Tabla 18 Resumen de establecimientos de salud del distrito de Villa Rica .....	55
Tabla 19 Redes de abastecimiento de agua del distrito de Villa Rica.....	56
Tabla 20 Cobertura de red de alcantarillado y desagüe del distrito de Villa Rica .....	58
Tabla 21 Categorías de la concordancia y el valor del estadístico Kappa.....	59
Tabla 22 Características de las bandas de los satélites Landsat 8 y 9 .....	66
Tabla 23 Categorías de la Unión Geográfica Internacional (UGI) para el uso actual de tierras .....	72
Tabla 24 Variable independiente del trabajo de investigación.....	76
Tabla 25 Primera variable dependiente del trabajo de investigación. ....	76
Tabla 26 Segunda variable dependiente del trabajo de investigación.....	76
Tabla 27 Imágenes satelitales Landsat 5, 7, 8 y 9 utilizadas en el trabajo de investigación	78
Tabla 28 Imágenes satelitales utilizadas en el trabajo de investigación para verificación de resultados.....	79
Tabla 29 Categorías referenciales de calidad de la cubierta vegetal propuestas en el área de estudio.....	92

Tabla 30 Promedio de NDVI y área (Ha) según rangos para el año 1990 .....	102
Tabla 31 Promedio de NDVI y área (Ha) según rangos para el año 2000 .....	103
Tabla 32 Promedio de NDVI y área (Ha) según rangos para el año 2010 .....	104
Tabla 33 Promedio de NDVI y área (Ha) según rangos para el año 2020 .....	105
Tabla 34 Promedio de NDVI y área (Ha) según rangos para el año 2022 .....	106
Tabla 35 Matriz de confusión para las categorías de los Índices de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) del año 2022 en el distrito de Villa Rica .....	122
Tabla 36 Obtención del estadístico Kappa de los Índices de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) del año 2022 en el distrito de Villa Rica .....	123
Tabla 37 Valores aproximados de área según categorías UGI para el año 1990 .....	129
Tabla 38 Valores aproximados de área según categorías UGI para el año 2000 .....	130
Tabla 39 Valores aproximados de área según categorías UGI para el año 2010 .....	130
Tabla 40 Valores aproximados de área según categorías UGI para el año 2020 .....	131
Tabla 41 Valores aproximados de área según categorías UGI para el año 2022 .....	132
Tabla 42 Matriz de confusión para las categorías del Uso Actual de Suelos del año 2022 en el distrito de Villa Rica.....	139
Tabla 43 Obtención del estadístico Kappa del Uso Actual de Suelos del año 2022 en el distrito de Villa Rica .....	142
Tabla 44 Valor promedio de las categorías NDVI según periodos analizados .....	148
Tabla 45 Evolución porcentual de la variación en las categorías del NDVI según periodos analizados .....	149
Tabla 46 Total de áreas (Ha) en las categorías NDVI según periodos analizados.....	150
Tabla 47 Evolución porcentual del área (%) en las categorías del NDVI según periodos analizados .....	150
Tabla 48 Cuadro resumen de evolución porcentual en las categorías del NDVI.....	156
Tabla 49 Total de áreas (Ha) en las categorías UGI según periodos analizados.....	157
Tabla 50 Evolución porcentual del área (%) en las categorías UGI según periodos analizados .....	158
Tabla 51 Cuadro resumen de evolución porcentual en las categorías del Uso Actual de la Tierra .....	161
Tabla 52 Estimación del valor del índice NDVI según rangos para el año 2030.....	163
Tabla 53 Estimación del área según índice NDVI según rangos para el año 2030.....	164
Tabla 54 Estimación del área según Uso Actual de la Tierra según rangos para el año 2030 .....	165

## RESUMEN

La presente investigación se encargó de evaluar las variaciones del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) y el Uso Actual de la Tierra en el distrito de Villa Rica (departamento de Pasco) durante el periodo 1990 – 2022, así como estimar una proyección para el año 2030 por medio del análisis de cinco imágenes satelitales Landsat correspondiente a los años 1990, 2000, 2010, 2020 y 2022. Las técnicas de procesamiento en Teledetección y Sistemas de Información Geográfica, así como la visita técnica en campo permitieron obtener, mediante la operación con las bandas NIR y RED de las imágenes, así como mediante un modelo supervisado entrenado, variaciones promedio del 19.834% para las áreas de las categorías del uso actual de la tierra determinados según la Unión Geográfica Internacional, 7.679 % para las áreas de la calidad de la cubierta vegetal según las categorías del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada, así como del 11.533 % para los propios índices; con medidas de precisión del 60.42 % y 69.79 % e índices de Kappa 0.4649 y 0.6063 para el Uso Actual de Tierras y el Índice NDVI respectivamente. También se obtuvo que para el año 2030 se espera varíen los resultados respecto al 2022 en extensión de área promedio de las categorías en un 5.927 % para el Uso Actual de Tierras, mientras que para el índice NDVI en un 16.288 %. Sin embargo, los propios índices adimensionales se estiman varíen en un - 1.289 % promedio durante estos 7 años restantes.

*Palabras clave:* Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI), Uso Actual de la Tierra, Teledetección, Sistemas de Información Geográfica, Villa Rica.

## ABSTRACT

The present investigation was in charge of evaluating the variations of the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) and the Current Use of the Land in the district of Villa Rica (department of Pasco) during the period 1990 – 2022, as well as estimate a projection for the year 2030 through the analysis of five Landsat satellite images corresponding to the years 1990, 2000, 2010, 2020 and 2022. The processing techniques in Remote Sensing and Geographic Information Systems, as well as the technical visit in the field allowed to obtain, through the operation with the NIR and RED bands of the images, as well as through a trained supervised model, average variations of 19.834% for the areas of the current land use categories determined according to the International Geographical Union, 7.679 % for the areas of the quality of the vegetation cover according to the categories of the Normalized Difference Vegetation Index, as well as 11.5 33% for the indices themselves; with precision measurements of 60.42 % and 69.79 % and Kappa indices 0.4649 and 0.6063 for the Current Land Use and the NDVI Index respectively. It was also obtained that by the year 2030 the results are expected to vary with respect to 2022 in the average areal extension of the categories by 5.927% for the Current Use of Land, while for the NDVI index by 16.288%. However, the dimensionless indices themselves are estimated to vary only by -1.289% on average during these remaining 7 years.

*Keywords:* Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), Current Land Use, Remote Sensing, Geo graphic Information Systems, Villa Rica.

## I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Descripción y formulación del problema

#### 1.1.1. Descripción de la realidad problemática

Uno de los grandes causantes de los problemas ambientales en la actualidad está relacionada de manera directa al cambio de uso de tierras y consecuentemente la pérdida progresiva de espacios con cubierta vegetal, ya sea por fines industriales (producción de muebles, hojas de papel, etc.), como parte de actividades agropecuarias (agricultura y ganadería), por la expansión urbana, actividades mineras ilegales, etc. Esto produce cambios radicales de una manera cada vez más acelerada debido a la creciente demanda de bienes y servicios, producto de un incremento exponencial en la población a nivel global. Únicamente en la clasificación de “bosques”, se estima que se han perdido un total de 109 309 hectáreas por causa de la deforestación en el departamento de Pasco solo del año 2001 al 2018 (Ministerio del Ambiente y Programa Nacional de Conservación de Bosques para la Mitigación del Cambio Climático, 2019), lo que equivale aproximadamente al 7.87 % del total existente en dicho departamento, y al 0.15 % de las cerca de 72 millones de hectáreas de bosques habidos en todo el Perú (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2016).

Los problemas consecuentes, que son altamente probables sucedan a mediano y largo plazo a nivel local, departamental, nacional (e incluso mundial) producto de la pérdida de la cubierta vegetal y cambios de uso de tierras son muy diversos, de los cuales algunos tienen efectos directos como: la pérdida de especies de flora y fauna (biodiversidad), la erosión y pérdida de la capacidad productiva del suelo, etc., mientras otros tienen connotación indirecta como: cambios en la temperatura local, aumento en la intensidad y frecuencia de desastres naturales (Borrego y Hernández, 2014), reducción en la generación de bienes y servicios ambientales prestados: servicios de provisión (frutos, madera, etc.), servicios que afectan la regulación hídrica, del clima, etc., servicios culturales (recreacionales), servicios de soporte

(fotosíntesis, ciclo de nutrientes, formación del suelo, etc.) e incluso servicios espirituales (Hassan et al., 2005). Inclusive, la reducción de la cubierta vegetal tiene impacto en el incremento de las emisiones de carbono y otros gases invernadero (GEI) hacia la atmósfera (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007). La importancia actualmente de los diversos niveles de gobierno es la de poder contrarrestar estos efectos y principalmente prevenir las acciones que los causan, mediante una regulación más estricta frente a la deforestación de áreas, monitoreos periódicos de la cubierta vegetal, dar incentivos por forestación y/o la protección de áreas boscosas, impulsar una participación ciudadana más activa, pagos por servicios ambientales, etc.

Por tal, el presente trabajo de investigación se centra en evaluar y proporcionar información relevante para la toma de decisiones a nivel gubernamental, en relación con la progresiva dinámica en el uso actual de la tierra y la calidad de la cubierta vegetal del distrito de Villa Rica – departamento de Pasco, mediante el uso de la teledetección espacial. El presente estudio no pretende profundizar en un análisis fenológico de las especies del lugar ni su relación con el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI), únicamente se centrará en un panorama general de las especies vegetativas como tal, y los cambios en el uso actual de la tierra del lugar.

### ***1.1.2. Formulación del problema***

**1.1.2.1. Problema principal.** ¿Cómo han variado en promedio y por periodos las categorías del uso actual de la tierra y la calidad de la cubierta vegetal en el distrito de Villa Rica durante el periodo 1990 – 2022, y cuál será su estimación para el año 2030?

### **1.1.2.2. Problemas secundarios**

- a. ¿Cuánto han variado en promedio y por periodo las categorías del uso actual la tierra en el distrito de Villa Rica durante del periodo 1990 - 2022?
- b. ¿Cómo ha variado en promedio y por periodo las áreas e índices de la calidad de la cubierta vegetal en el distrito de Villa Rica durante el periodo 1990 - 2022?
- c. ¿En qué porcentaje se estima en promedio varíen las categorías del uso actual la tierra y la calidad de la cubierta vegetal en el distrito de Villa Rica para el año 2030?

## **1.2. Antecedentes**

### ***1.2.1. Antecedentes nacionales***

Choquehuanca (2019) en su tesis de investigación “Análisis multitemporal del crecimiento urbano de la ciudad de Puno mediante imágenes satelitales, entre los años 1980 – 2017” tuvo como objetivo principal el de analizar la dinámica de la expansión urbana de la ciudad de Puno en el periodo antes indicado, mediante el empleo de la metodología de vectorización visual, clasificación supervisada de máxima probabilidad y el empleo de pruebas estadísticas, en imágenes Landsat 2, 5 y 8. De acuerdo a los resultados obtenidos, se tuvo que el crecimiento urbano del periodo 1980 – 2017 fue en un total de 1149.3881 Ha totales en los 37 años de estudio, con una igualdad estadística en la prueba t-student para ambos métodos usados en unas significancias de  $\alpha = 0.01$  y  $\alpha = 0.05$ . Así también, mediante una correlación de Pearson para las variables crecimiento espacial y poblacional, se tuvo un coeficiente de 0.947, el cual indica una correlación positiva muy alta entre ambas mencionadas. Adicionalmente, el coeficiente de Kappa determinado estuvo entre un rango de 0.87 a 0.99, con una precisión entre 89.81% a 99.02%. Finalmente, se concluye que la clasificación

supervisada puede ser utilizada como una alternativa a la vectorización, debido al nivel de precisión alcanzado para determinar el cambio en el crecimiento urbano entre los años 1980 – 2017, el cual condujo a un valor de 31.0645 has/año.

Echevarría y Roman (2019) en su tesis denominada “Evaluación multitemporal del cambio de uso y cobertura de suelo con imágenes geospaciales en el distrito de Oxapampa, Perú 2014-2019” se tuvo como objetivo principal realizar un análisis en diferentes periodos del uso y la cobertura del suelo en el distrito de Oxapampa, departamento de Pasco. Para tal, los autores se apoyaron de procesos de teledetección y un software GIS para el análisis de imágenes satelitales Landsat 8, en los cuales se incluyó su tratamiento (calibración radiométrica y corrección atmosférica) y la clasificación supervisada consecuente. Posterior, se realizó el análisis estadístico con el software R. Los resultados obtenidos evidenciaban un comportamiento constante (dinámico) de la zona urbana del distrito, alcanzando a ocupar un máximo durante el año 2018, el cual correspondía al 5.05 % del espacio de este, con un promedio de 2.80 %; por otro lado, la cobertura vegetal se comporta de manera negativa, evidenciando una reducción progresiva hasta el año 2018 donde alcanzó un 38.21 % del área del distrito (considerando la nubosidad del 15.31 % del total del área); sin embargo, para el año 2019 se evidenció un incremento en el área al 55.51 % del distrito, con nubosidad de imagen equivalente al 4.85 % del territorio. Así mismo, para la zona agrícola se pudo evidenciar un incremento progresivo del área del 22.56 % del distrito en el año 2014, al 31.83 % al año 2019. Finalmente, los autores concluyeron que la zona urbana del distrito de Oxapampa tiene un comportamiento promedio, al igual que sus variables zona agrícola y cobertura vegetal.

Huaman (2021) en su trabajo de investigación denominado “Análisis de la pérdida de cobertura vegetal boscosa en el distrito de Namballe, provincia de San Ignacio mediante el uso

del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI)” se tuvo como objetivo caracterizar la reducción de la cobertura vegetal de los años 2015, 2018 y 2021 mediante el uso del índice NDVI en imágenes Landsat 8 con ayuda del software ArcGIS. De acuerdo al autor, se emplearon las categorías de NDVI: denso (mayor a 0.3), semi-denso (de 0.2 a 0.3), ralo (de 0.1 a 0.2), cobertura mínima (de 0 a 0.1) y cuerpos no vegetales; los cuales tuvieron como resultados que para el año 2015 el 91 % del área total del distrito en análisis tuvo categoría densa, 5 % semi-denso y 1% ralo; para el año 2018 se detectó una disminución del área densa a un total del 79 % del territorio, mientras que el área semi-densa evidenció un incremento al 11 %, al igual que el área rala a un 7 %. Finalmente, para el año 2021 se obtuvo que el 61 % del área total del distrito presenta una cobertura densa, el 11% se mantiene en área semi-densa y el área rala aumentó a 15%. Finalmente, el autor concluye en que durante los siete (07) años de estudio la pérdida de cobertura vegetal boscosa significó una variación del 30% del territorio (29141.64 Ha).

Saldaña (2019) en su tesis de investigación denominada “Análisis de la deforestación en la cuenca del río Cumbaza mediante el uso de imágenes satelitales desde el año 2008 al 2017” tuvo como objetivo el de cuantificar la extensión e índices de deforestación del periodo de diez (10) años analizado (2008-2017) de la cuenca Cumbaza ubicada en el departamento de San Martín; así como proponer alternativas de recuperación para los bosques afectados esta. Para tal, el desarrollo del trabajo se hizo mediante el empleo de imágenes satelitales Landsat 5 - Landsat 8, y el procesamiento de estas en el software ArcGIS por medio de la clasificación manual en las categorías: “bosque”, “no bosque” y “nubes”. De acuerdo al autor, los resultados obtenidos indican que desde el inicio del periodo analizado (año 2008) hasta el final respectivo (2017) el área categorizada “bosque” evidenció un decremento de casi el 49% de la superficie (6 750 Ha), mientras la superficie de “no bosque” evidenció un aumento de 7 985 Ha

aproximadamente (19.4 %). Esto estaría asociado, según el autor, por el aumento de zonas urbanas de manera muy acelerada causado por el incremento demográfico de estas; a lo que conllevaría que, de acuerdo a su tendencia, en un plazo de 9 años la superficie forestal se vea perdida en su totalidad. El autor concluye que el índice de deforestación en la cuenca del río Cumbaza asciende a un total de 750 Ha/año; y que para su recuperación se tendría que sembrar/plantar un total de 7 060 627 árboles.

Saldaña (2019) en su investigación denominada “Análisis de los cambios de cobertura y uso del suelo con imágenes satelitales del distrito de Chancay durante los años 2001 y 2018”, se centra en poder determinar los cambios de cobertura vegetal y uso del suelo en el distrito en mención, para lo cual el autor hizo uso de la clasificación supervisada con ayuda de la metodología Corine Land Cover. Para esto, y siguiendo la metodología antes mencionada, el autor identificó 7 clases de coberturas diferentes y usó 10 áreas de entrenamiento en cada una de estas, las cuales fueron posteriormente evaluadas y validadas *in situ* con ayuda de una distribución aleatoria de puntos. De acuerdo al autor se indica que en el tiempo de estudio la “zona urbana” ha presentado un incremento de únicamente 4.75 Ha, mientras que los “afloramientos rocosos”, “tierras desnudas” y principalmente los “herbazales” presentaron un incremento en 242.38 Ha, 394.94 Ha y 699.39 Ha respectivamente, este último atribuido a la incidencia de lluvias (factor natural); sin embargo, categorías como “cultivos transitorios”, “arbustales” y “vegetación arbustiva – herbácea” presentaron un decremento en sus valores, el primero debido a la conjunción de la escases de agua y las malas técnicas empleadas, en un total de 811.82 Ha; mientras que los dos últimos debido a la intervención antrópica para la obtención de áreas agrícolas, desapareciendo el primero en 186.97 Ha y el segundo 342.67 Ha; además, la fiabilidad de clasificación supervisada en el año 2001 se determinó mediante un índice de Kappa de 96.54%, mientras que para la del 2018 fue de 97.51%. Por último, el autor

concluye que el mayor cambio en la cobertura de uso de suelo fue en las categoría “Cultivo transitorio”, mientras el menor cambio fue en la categoría de “Zona urbana”.

### ***1.2.2. Antecedentes internacionales***

Alencar da Silva et al. (2018) en su trabajo de investigación denominado “Variabilidad espacial y temporal de la cobertura vegetal de los años 1984 a 2011 en la cuenca hidrográfica del río Moxotó, Pernambuco, Brasil” tuvo como finalidad analizar espacial y temporalmente el estado vegetativo (vegetación arbórea y arbustiva) durante el periodo 1984 – 2011 con los índices SAVI y NDVI. Para tal, los autores realizaron la descarga de imágenes del satélite Landsat 5, realizaron una selección de imágenes con menor cantidad de nubosidad, se hizo la calibración radiométrica y el cálculo de la reflectancia reflectiva, posteriormente se calcularon los índices SAVI y NDVI y finalmente una clasificación de los índices obtenidos (categoría de vegetación de baja densidad NDVI de 0.25 – 0.50; categoría de vegetación de mediana intensidad NDVI de 0.50 – 0.75; y una categoría de vegetación de alta densidad de NDVI de 0,75 – 1.00). Los resultados demuestran para el NDVI que la extensión de la vegetación de baja densidad durante los 27 años de análisis, se reduce de 97.64 % en 1984 al 84.78 % en 2011. Para la categoría de mediana densidad, el NDVI se aprecia varía de 2.35% de extensión en el año 1984 al 15.22 % en 2011. Finalmente, para la categoría de vegetación densa, el porcentaje de cobertura en el año inicial y final de análisis fue de 0.009 % al 0.002 % para el NDVI. Cabe resaltar que durante el año 2002 se produjo una sequía extrema por el fenómeno de El Niño, el cual influyó en los resultados de dicho año de análisis. Los autores concluyeron que entre los índices analizados, la vegetación más densa estuvo preservada en áreas de mayor altitud en la cuenca Moxotó; que la vegetación menos densa es la más expuesta a procesos de deforestación producto de actividades agrícolas y agropecuarias, sin embargo se pudo mantener

más conservada en el tiempo de análisis. Así también, frente a periodos de sequía, la categoría de mayor densidad de vegetación enfrenta mejor dichos eventos adversos.

Condori-Luna et al. (2018) en su artículo científico de nombre “Análisis multitemporal de la cobertura boscosa empleando la metodología de teledetección espacial y SIG en la sub-cuenca del río Coroico - provincia Caranavi en los años 1989 – 2014” se busca analizar en el tiempo la variación de la cobertura boscosa mediante técnicas de teledetección en la sub-cuenca del río Coroico. Para tal, los autores usaron la técnica de Análisis de Componente Principales (ACP) para resumir la información a usar a una sola banda, en la que posteriormente realizaron el análisis visual de tres (03) imágenes Landsat usadas de los años 1989, 2005 y 2014. Los resultados obtenidos por la investigación evidencian un aumento en la superficie deforestada de 602.05 Ha en 1989, 1552.17 Ha el 2005, a 1705.05 Ha el año 2014, de las cuales la mayor parte se presenta en las zonas de baja altitud evaluada (574 msnm – 917 msnm). De igual manera, se evidencia un cambio en las áreas con uso de suelo “antrópico” y “bosques”, pasando de 677.72 Ha el año 1989 a 1814.04 Ha al año 2014 para el primero, y de 20392.83 Ha a 19250.55 Ha para el segundo. Así mismo, los autores estiman la tasa de deforestación entre periodos evaluados fue de 59.38 Ha/año para el periodo 1989-2005 y de 16.99 Ha/año para el periodo 2005-2014, con un global para los 25 años de análisis de 44.12 Ha/año. Los autores concluyen que la deforestación en el área de estudio es debido a técnicas de agricultura inadecuadas que provoca la migración y habilitación de nuevas áreas agrícolas (que anteriormente eran bosque).

Gómez (2019) en su trabajo de investigación denominado “Variación espacial y temporal de la vegetación en Baja California Sur, con énfasis en áreas naturales protegidas” tuvo como objetivo principal el de evaluar la variación temporal y espacial del índice NDVI en

el estado de Baja California Sur y sus Áreas Naturales Protegidas, durante el periodo 2001 – 2016. Para esto el autor descargó imágenes disponibles del sensor del Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS), realizó un pre-procesamiento (combinación, recorte y reproyectado de 368 archivos en formato .hdf), postprocesamiento (promedios aritméticos para calcular: variación intra-anual (estacional), variación interanual (anomalías), tendencias en la cobertura vegetal y variabilidad ambiental (con índices climáticos)). De acuerdo a la investigación, se obtuvo que la mayor parte de los valores de NDVI (67 %) se encontraron en el rango de 0.1 – 0.4 (lo que es consistente debido a que es un ambiente dominado por matorrales), mientras que los valores con valores de 0.4 – 0.8 corresponden a zonas como bosques (encino y pino), manglares y selva baja caducifolia (7% del territorio estudiado), ubicados a altitudes superiores a 500 msnm. Los autores concluyen que en el análisis del distrito de Baja California Sur, la cobertura vegetal en el periodo de estudio de 16 años, se ha mantenido de manera estable a causa de la baja densidad poblacional; sin embargo, existen lugares en donde por causa de un incremento de la población, se presentan niveles de degradación de esta.

Pacheco et al. (2020) en su trabajo de investigación denominado “Variaciones de la cobertura vegetal empleando el índice normalizado de diferencia de vegetación para monitorear ODS en Manabí – Ecuador” tuvo como objetivo principal la de analizar multitemporalmente la variación en la cobertura vegetal en la provincia de Manabí para usarlas como indicadores de sostenibilidad y monitoreo de Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Para tal propósito, los autores emplearon imágenes Landsat y calcularon el NDVI para 20 años de estudio, realizando previamente las correcciones geométricas y radiométricas como parte del proceso. Posteriormente, lo obtenido fue reclasificado en base a dos categorías: cobertura vegetal escasa ( $NDVI \leq 0.35$ ), o cobertura vegetal densa ( $NDVI > 0.35$ ). Los resultados obtenidos de la

investigación resaltan una actividad vegetal muy dinámica en los periodos analizados, siendo el promedio de NDVI determinado de 0.549 (39.24 km<sup>2</sup> de cobertura escasa y 728.80 km<sup>2</sup> de cobertura densa), 0.254 (537.71 km<sup>2</sup> de cobertura escasa y 230.32 km<sup>2</sup> de cobertura densa), y de 0.479 (160.40 km<sup>2</sup> de cobertura escasa y 607.64 km<sup>2</sup> de cobertura densa) para los años 1998, 2008 y 2018 respectivamente. Los autores concluyen sugiriendo que el motivo de la disminución de la cobertura vegetal está influenciada por las prácticas agropecuarias desarrolladas en el lugar, la tala agresiva y la quema de bosques; así también, indican que el análisis de la cobertura vegetal por ayuda del NDVI puede ser usado como un indicador de sostenibilidad y monitoreo de ODS.

Cima (2021) en su trabajo de investigación denominado “Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI): Análisis y Mapeo de la deforestación en el municipio de Bacalar, Quintana Roo” se tuvo como objetivo principal analizar el proceso de deforestación, así como determinar el estado de la vegetación y la cobertura del suelo en el periodo 2000 – 2020 de un grupo de ejidos seleccionados. Para tal, se utilizaron imágenes satelitales Landsat 7 y 8, a las que se les realizó una mejora en la resolución atmosférica (Pansharpening) en el software QGIS, y un procedimiento de corrección por bandeo para las imágenes Landsat 7. Para el análisis del índice NDVI se utilizaron los rangos  $\leq 0.1 - 0.3$  (vegetación escasa o baja densidad de siembra),  $0.3 - 0.4$  (vegetación enferma y/o con plagas),  $0.4 - 0.5$  (vegetación con deficiencia fuerte de nutrientes),  $0.5 - 0.6$  (vegetación con deficiencia leve de nutrientes) y de  $0.6 - 1$  (vegetación saludable). De los resultados obtenidos de los ocho (08) ejidos seleccionados para la comparación de la salud vegetal durante los años de estudio, se indica que el porcentaje promedio entre decrementos e incrementos en la categoría “saludable” fue de -14.70 %, la categoría de “deficiencia leve de nutrientes” fue de -6.65 %, la categoría “deficiencia fuerte de nutrientes” fue de 0.41 %, la categoría “enferma y/o con plagas” fue de

6.56 %; finalmente la categoría “escasa o baja densidad de siembra” fue de 0.19 %. El autor concluye que el índice NDVI permitió identificar los años con una mejor y muy mala calidad de salud vegetal; así también, sugiere el uso de otros índices de vegetación para el mapeo respectivo de la salud vegetal.

### **1.3. Objetivos**

#### ***1.3.1. Objetivo general.***

Evaluar las variaciones promedio y por periodos de las categorías de uso actual la tierra y la calidad de la cubierta vegetal en el distrito de Villa Rica durante el periodo 1990 – 2022, así como estimarlos para el año 2030.

#### ***1.3.2. Objetivos específicos***

- a. Cuantificar las variaciones promedio y por periodos de las áreas en las categorías del uso actual la tierra del distrito de Villa Rica durante del periodo 1990 – 2022.
- b. Determinar la variación promedio y por periodos de las áreas e índices NDVI que expresa la calidad de la cubierta vegetal en el distrito de Villa Rica durante el periodo 1990 – 2022.
- c. Estimar porcentualmente las variaciones promedio de las categorías del uso actual de la tierra y la calidad de la cubierta vegetal en el distrito de Villa Rica para el año 2030.

### **1.4. Justificación**

La presente investigación se centra en analizar los cambios que ha sufrido el uso actual de la tierra y la calidad de la cubierta vegetal del distrito de Villa Rica durante los últimos 30

años, así como realizar una estimación cuantitativa a futuro considerando la evolución presentada. El análisis desarrollado nos proporcionará, con cierto grado de detalle, las áreas que han sufrido y que están más propensas a sufrir variación de la calidad vegetal en un corto plazo (sea por motivos de expansión urbana, por actividades agrícolas, etc.), con la finalidad de poder proporcionar información confiable que ayude en la mejor distribución y planificación territorial, la concientización de la población en cuanto a los estragos que puede ocasionar la pérdida de espacio natural a corto, mediano y largo plazo, a promover planes de forestación / reforestación en el distrito, políticas de conservación, etc.; por lo que, la presente investigación se centra en recolectar y procesar data mediante técnicas de teledetección para complementar dichos fines.

## **1.5. Hipótesis**

### ***1.5.1. Hipótesis general.***

Se presentan variaciones mayores al 5% entre cada periodo analizado para el promedio de las categorías del uso actual de la tierra y la calidad de la cubierta vegetal en el distrito de Villa Rica durante el periodo 1990 – 2022, y en también en su estimación para el año 2030.

### ***1.5.2. Hipótesis específicas***

- a. El promedio de las variaciones por periodo en las áreas del uso actual de la tierra en el distrito de Villa Rica se evidenciaría en un cambio mayor al 5% entre cada periodo analizado en las categorías de: Asentamientos y tierras no agrícolas asociadas, Bosques, Árboles y otros cultivos perennes, y Tierras improductivas durante del periodo 1990 – 2022.
- b. El promedio de las variaciones por periodo en las áreas e índices de la calidad de la cubierta vegetal en el distrito de Villa Rica se reflejaría en un cambio mayor al

5% entre cada periodo analizado en las categorías del índice NDVI: áreas sin actividad fotosintética, áreas con muy baja actividad fotosintética, áreas con baja actividad fotosintética, áreas con mediana actividad fotosintética, áreas con alta actividad fotosintética, y áreas con muy alta actividad fotosintética; durante el periodo 1990 – 2022.

- c. Existiría una variación mayor al 5% en el promedio de las categorías del uso actual de la tierra y en la calidad de la cubierta vegetal en el distrito de Villa Rica para el año 2030 con relación al año 2022.

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Bases teóricas sobre el tema de investigación

Algunos conceptos fundamentales para comprender el trabajo de investigación son:

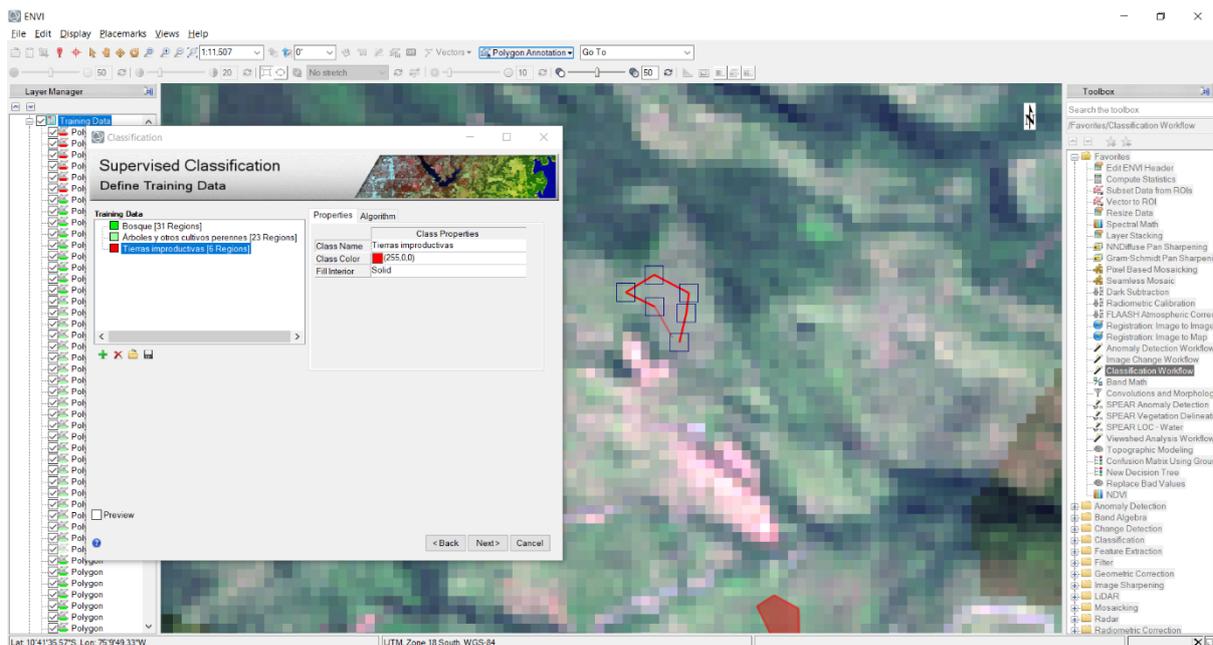
#### 2.1.1. Clasificación supervisada

De acuerdo a lo indicado por Gandía y Meliá (1991), la clasificación supervisada es una de las técnicas que proporciona resultados más precisos, debido a la intervención activa de un operador que, por medio de áreas de entrenamiento o piloto, “supervisa” el proceso de categorización, obteniendo algoritmos que extraen parámetros característicos de cada clase para proporcionar una óptima clasificación resultante.

Chuvieco (1995) por su parte, nos indica que esta clasificación parte de un conocimiento previo de la zona de estudio, por lo que la delimitación de estas áreas de entrenamiento se considera suficientemente representativas de las categorías elegidas.

### Figura 1

*Clasificación supervisada de categorías según el uso actual de tierras con software ENVI*



### **2.1.2. *Cubierta vegetal***

Márquez (2016) nos menciona que la cubierta vegetal son plantas vivas o restos de plantas muertas que forman una capa sobre el suelo desnudo con el fin de protegerlo. Esta protección va directamente relacionada con la energía de la lluvia y la escorrentía de superficie, aquellas que influyen en la erosión hídrica de una ladera o pendiente (Hudson, 1997).

Se indica además que esta cubierta proporciona una serie de beneficios al suelo, uno de los cuales es la mejora en su estructura, que contribuye a su aporte de materia orgánica y la activación microbiana en la rizosfera de las plantas (Albuquerque et al., 2008).

### **Figura 2**

*Imagen referencial de la cubierta vegetal del distrito de Villa Rica*



### **2.1.3. *Distrito de Villa Rica***

El distrito de Villa Rica se ubica en la selva central del Perú, en la provincia de Oxapampa y departamento de Pasco, con un área de 821.916 Km<sup>2</sup> (82 191.578 Ha), un perímetro de 169.475 Km y una altitud de 1472 msnm.

Según Meza et al. (2012) la expansión poblacional del distrito de Villa Rica, inicialmente denominado “Colonización de Rada y Gamio”, está directamente relacionado con el desarrollo del cultivo cafetero en este sector de la selva central, empezando su producción a gran escala durante la colonización de la zona. Actualmente, gracias al entorno urbano-rural del distrito, se incorporan actividades de turismo por causa del impulso promovido por la propia actividad cafetera, lo que le ha valido con la denominada “ruta del café”.

### Figura 3

*Plaza de Armas de la ciudad de Villa Rica*



*Nota:* Plaza de Armas de Villa Rica, que hace alusión a la actividad de la zona.

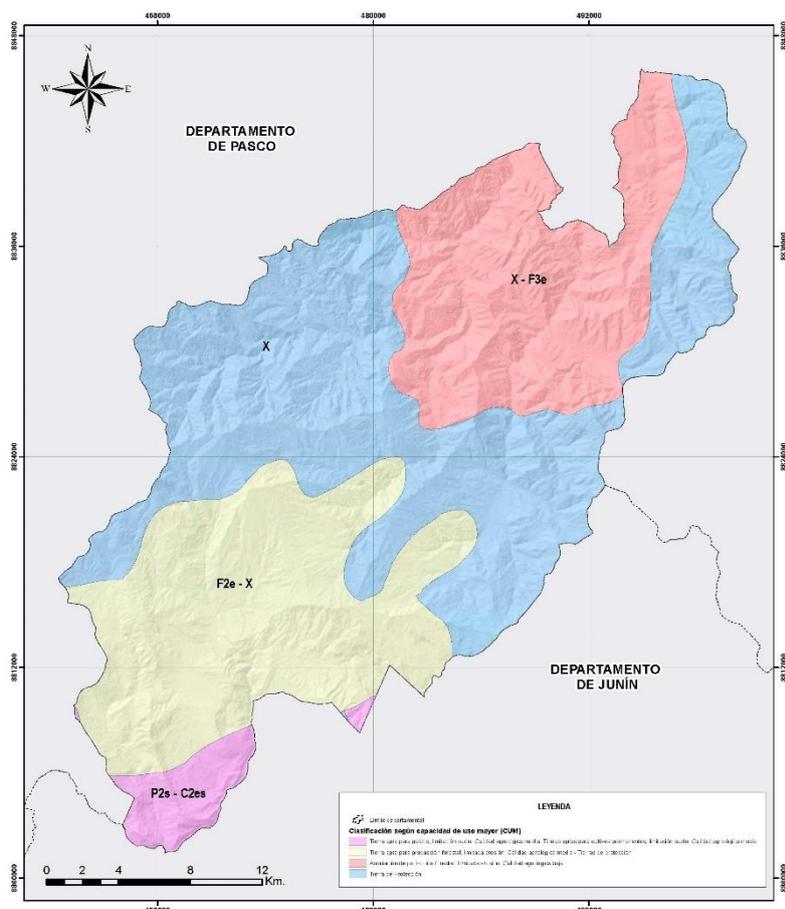
A continuación, se describen las características físicas, biológicas, económicas y sociales del distrito de Villa Rica:

**2.1.3.1. Características físicas:** En el presente apartado se abordarán las características físicas relacionadas al distrito de Villa Rica, como lo son la capacidad de uso mayor, climatología, edafología, fisiografía, geología, geomorfología, hidrografía, hidrología, hidrogeología, meteorología y pendientes:

**A. Capacidad de uso mayor:** De acuerdo a la clasificación realizada por la Oficina Nacional de Recursos Naturales (ONERN), dentro del área de estudio se tienen las siguientes categorías: “Tierra apta para pastos, limitación suelo. Calidad agrológica media. Tierras aptas para cultivos permanentes, limitación suelo. Calidad agrológica media” (P2s-C2es) con un total de 3 024.170 Ha (3.680 %), “Tierra apta para producción forestal, limitada erosión. Calidad agrológica media - Tierras de protección” (F2e-X) con un total de 23 925.472 Ha (29.110 %), “Asociación de protección forestal. Limitada erosión. Calidad agrológica baja” (X-F3e) con un total de 19 263.599 Ha (23.438 %) y “Tierra de Protección” (X) con un total de 35 976.053 Ha (43.772 %).

#### Figura 4

*Capacidad de uso mayor del área de estudio (distrito de Villa Rica)*

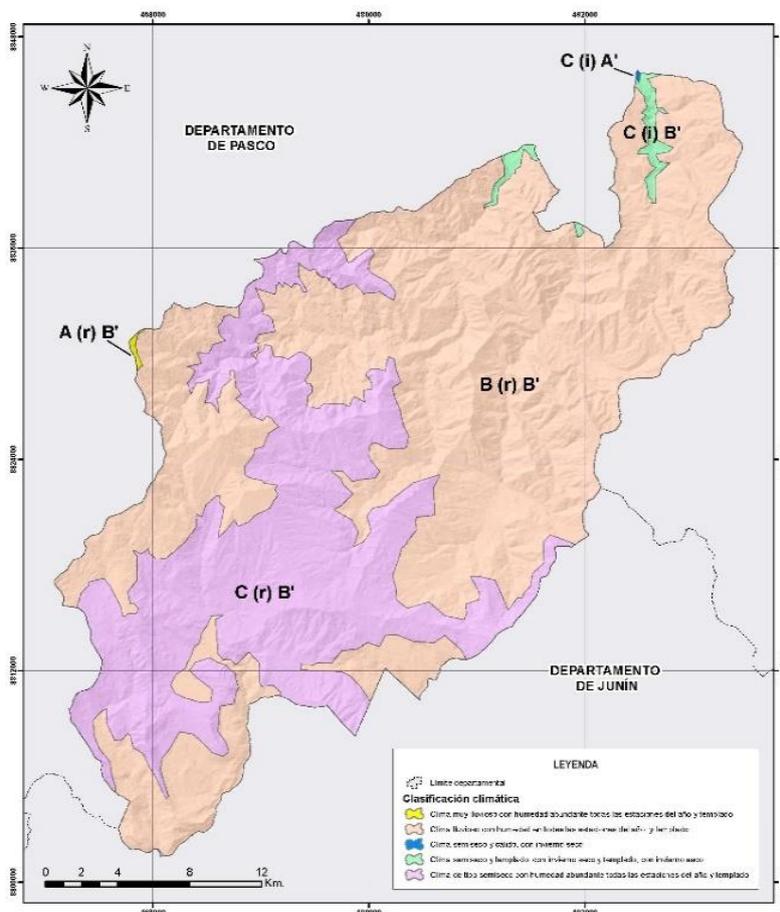


Este mapa capacidad de uso mayor (CUM) puede ser encontrado en los anexos del presente estudio, con el código VR-LB-03.

**B. Climatología.** De acuerdo con la clasificación climática del Senamhi, dentro del área de estudio existen cinco (05) tipos de climas diferentes, con predominancia principal de dos (02). El clima de mayor extensión en el distrito, aquel que abarca el 65.87 % de este (54 139.593 Ha), corresponde al “clima lluvioso con humedad en todas las estaciones del año, y templado” (B (r) B'); mientras el segundo clima de mayor distribución, el “clima de tipo semiseco con humedad abundante todas las estaciones del año y templado” (C (r) B'), abarca un total del 33.11 % del distrito (27 213.632 Ha).

### Figura 5

#### *Climatología del área de estudio (distrito de Villa Rica)*

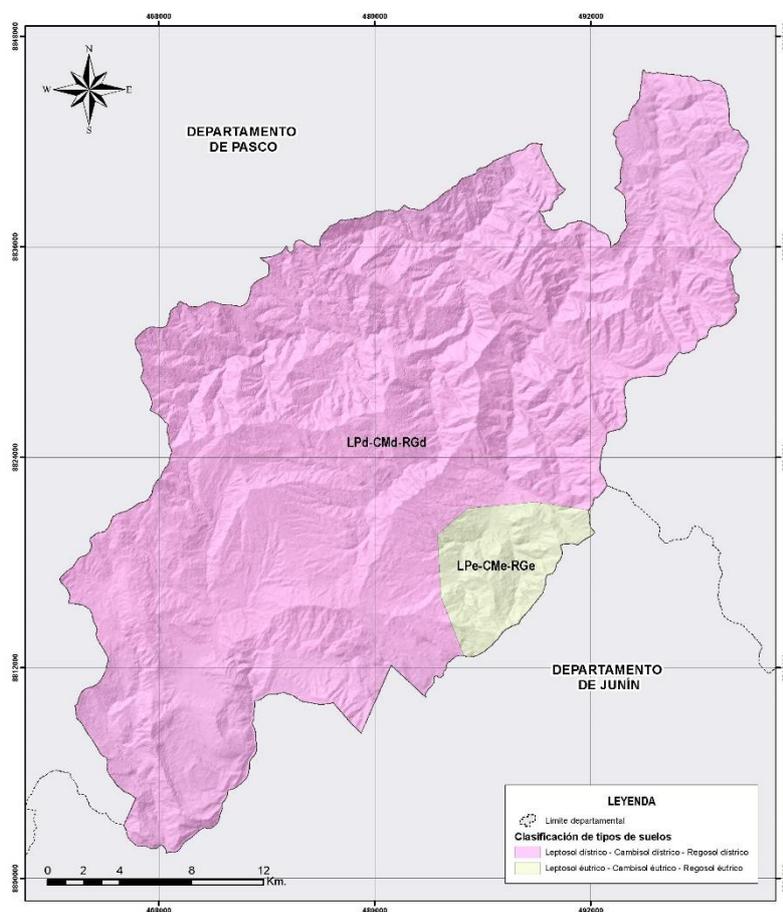


Los otros 3 climas de menor distribución son: “clima semiseco y templado, con invierno seco y templado, con invierno seco” (C (i) B'), el “clima muy lluvioso con humedad abundante todas las estaciones del año y templado” (A (r) B'), y finalmente, el “clima semiseco y cálido, con invierno seco” (C (i) A'), cuyas extensiones en conjunto ascienden al 1.01 % del distrito. Este mapa puede ser encontrado en los anexos del presente estudio, con el código VR-LB-01.

**C. Edafología:** De acuerdo a lo indicado en el Mapa de suelos del Perú, elaborado por el Instituto Nacional de Recursos Naturales (1996) dentro del área de estudio se tienen las siguientes categorías de suelo: “leptosol dístico – cambisol dístico – regosol dístico” con una extensión de 77 508.799 Ha (94.303 %), y el “leptosol éutrico – cambisol éutrico – regosol éutrico” con una extensión de 4 682.778 Ha (5.697 %).

## Figura 6

### *Edafología del área de estudio (distrito de Villa Rica)*

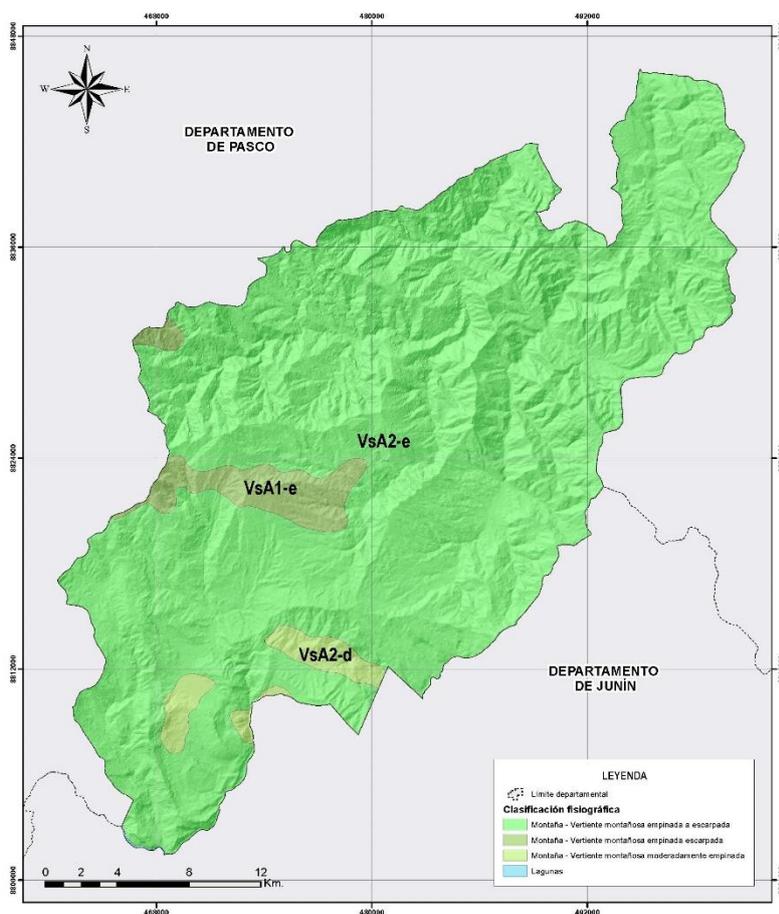


Este mapa de edafología o tipos de suelos puede ser encontrado en los anexos del presente estudio, con el código VR-LB-09.

**D. Fisiografía:** De acuerdo a lo indicado en el Mapa Fisiográfico del Perú por el Instituto Nacional de Recursos Naturales (1994), dentro del área de estudio se tienen las siguientes categorías: “Montaña – Vertiente montañosa empinada a escarpada” que es la región predominante con un total de 77 089.380 Ha (93.792 %), “Montaña – Vertiente montañosa empinada escarpada” con un total de 3 098.451 Ha (3.770 %), “Montaña – Vertiente montañosa moderadamente empinada” con un total de 1 984.516 Ha (2.414 %), y finalmente “lagunas” con un total de 19.317 Ha (0.024 %).

### Figura 7

#### *Fisiografía del área de estudio (distrito de Villa Rica)*

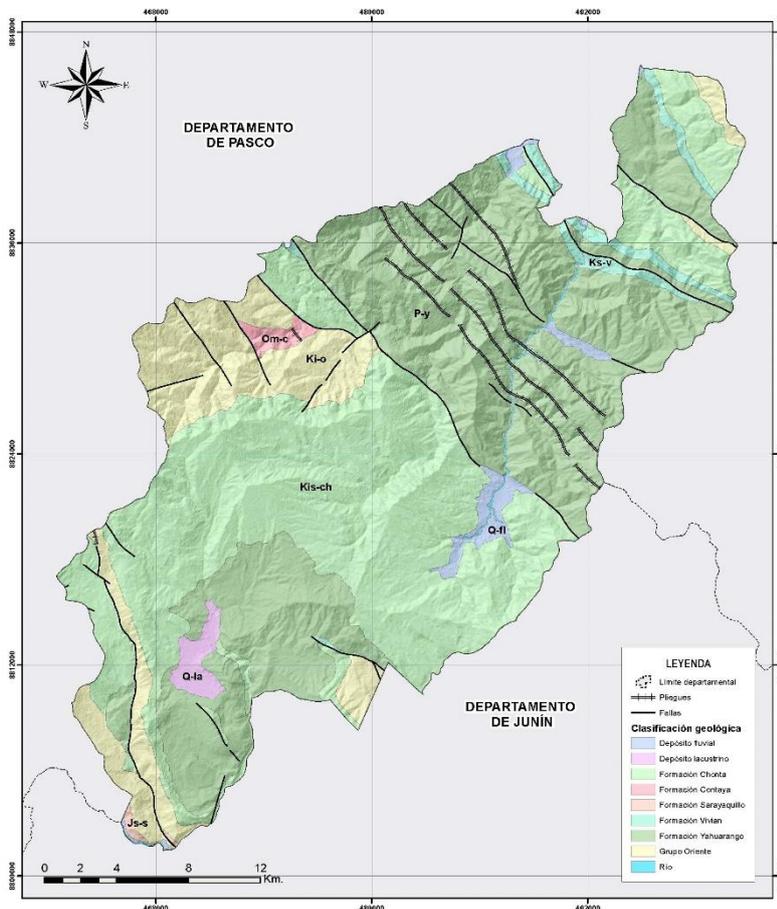


Este mapa de fisiografía puede ser encontrado en los anexos del presente estudio, con el código VR-LB-10.

**E. Geología:** De acuerdo a lo mostrado en el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), dentro del distrito de Villa Rica se visualizan 12 pliegues, 6 con eje sinclinal y otros 6 con eje anticlinal; así también, se puede visualizar un total de 30 fallas: 4 fallas inferidas, 1 falla inversa, 1 falla inversa inferida y 24 fallas normales. Así mismo, se presentan un total de ocho (08) categorías geológicas: “Depósito fluvial” (Q-fl), “Depósito lacustrino” (Q-la), “Formación Chonta” (Kis-ch), “Formación Contaya” (Om-c), “Formación Sarayaquillo” (Js-s), “Formación Vivian” (Ks-v), “Formación Yahuarango” (P-y) y “Grupo Oriente” (Ki-o).

**Figura 8**

*Geología del área de estudio (distrito de Villa Rica)*



En el siguiente cuadro se adjuntan las categorías antes mencionadas, símbolos, áreas (Ha) y porcentajes del territorio respectivos:

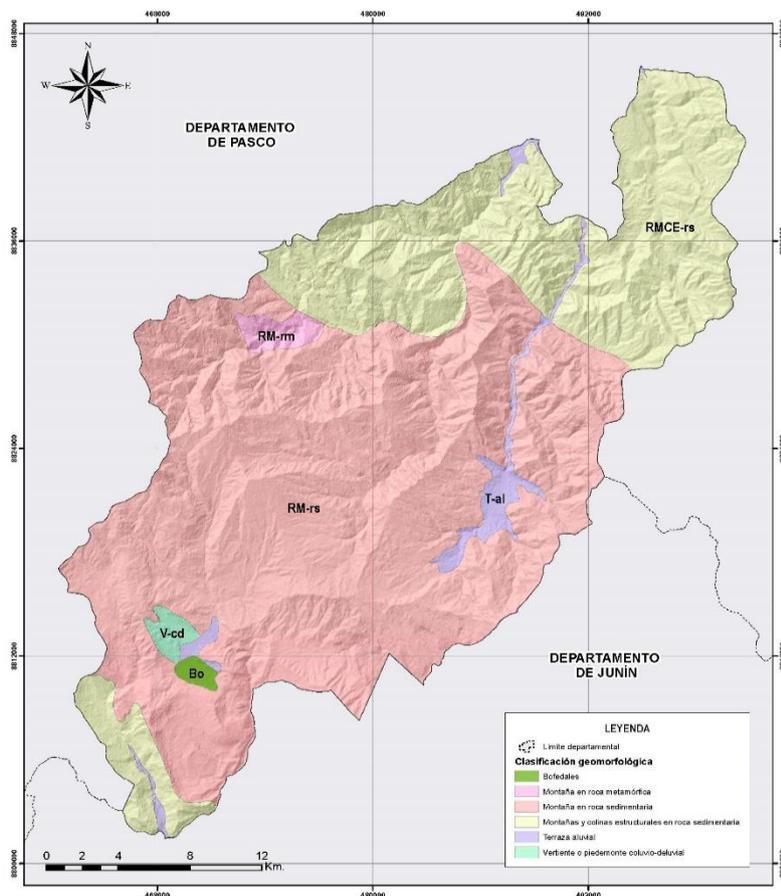
**Tabla 1**

*Cuadro resumen de categorías geológicas del distrito de Villa Rica*

N°	Categoría	Símbolo	Área (Ha)	%
1	Formación Yahuarango	P-y	34054.3518	41.433%
2	Formación Chonta	Kis-ch	32959.9071	40.101%
3	Grupo Oriente	Ki-o	10353.8601	12.597%
4	Formación Vivian	Ks-v	1856.48498	2.259%
5	Depósito fluvial	Q-fl	1312.89829	1.597%
6	Depósito lacustrino	Q-la	828.550878	1.008%
7	Formación Contaya	Om-c	476.623581	0.580%
8	Formación Sarayaquillo	Js-s	127.560812	0.155%

Este mapa geológico puede ser encontrado en los anexos del presente estudio, con el código VR-LB-11.

**F. Geomorfología:** De acuerdo con la clasificación realizada por el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), dentro del distrito de Villa Rica se tienen las siguientes categorías geomorfológicas: “Bofedales”, “Montaña en roca metamórfica”, “Montaña en roca sedimentaria”, “Montañas y colinas estructurales en roca sedimentaria”, “Terraza aluvial” y “Vertiente o piedemonte coluvio-deluvial”. La categoría de mayor ocupación corresponde a la de “Montaña en roca sedimentaria” con un total de 53 918.923 Ha (65.602 %), mientras que la segunda de mayor predominancia fue la de “Montañas y colinas estructurales en roca sedimentaria” con 24 606.041 Ha (29.937 %). Las otras tres categorías restantes ascienden al total restante de 3 666.614 Ha o el 4.461 % del territorio del distrito.

**Figura 9***Geomorfología del área de estudio (distrito de Villa Rica)*

Este mapa geomorfológico puede ser encontrado en los anexos del presente estudio, con el código VR-LB-12.

**G. Hidrografía:** Dentro del área del distrito de Villa Rica se encuentran diversos ríos y quebradas que resultan de las microcuencas: Bocaz, Calcazú, Entas, Ñagazú y Eneñas. Estos se enlistan a continuación:

**Tabla 2***Hidrografía del distrito de Villa Rica*

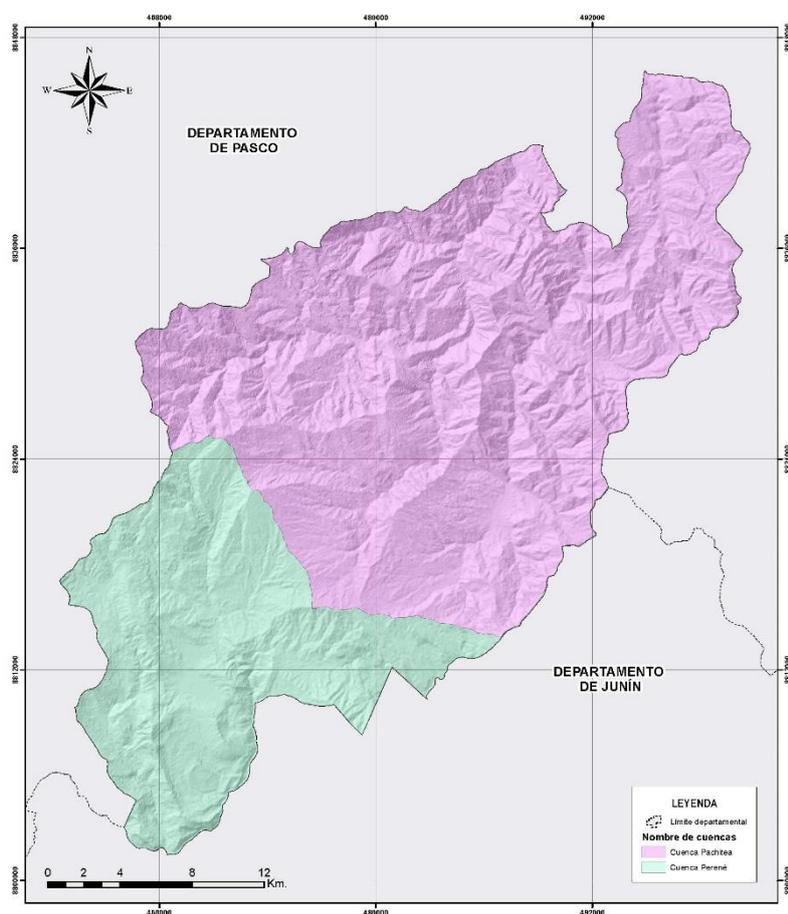
Cuenca	Subcuenca	Microcuenca	Quebradas y ríos
Pachitea	Palcazú	Cacazú	Qda. Cacazú, Qda. Huacamayo, Qda. San Lázaro, Qda. Tamaroco, Qda. Churuchumas,



**H. Hidrología:** Dentro del área del distrito de Villa Rica se encuentran dos (02) cuencas hidrográficas: la cuenca Pachitea, la cual tiene una extensión total de 57 568.670 Ha, el cual equivale al 70.042 % del distrito, y la cuenca Perené, la cual tiene un área total de 24 622.91 Ha, el cual equivale al 29.958 %. La cuenca del Pachitea está formada por la subcuenca Palcazú que esta a su vez nace de la unión de las Microcuencas Bocaz y Cacazu; mientras la cuenca Perené está formada por las subcuencas Paucartambo y Perené, que a su vez nacen de las microcuencas Entaz, Ñagazu y Eneñas (Municipalidad Distrital de Villa Rica, 2018).

**Figura 11**

*Hidrología del área de estudio (distrito de Villa Rica)*

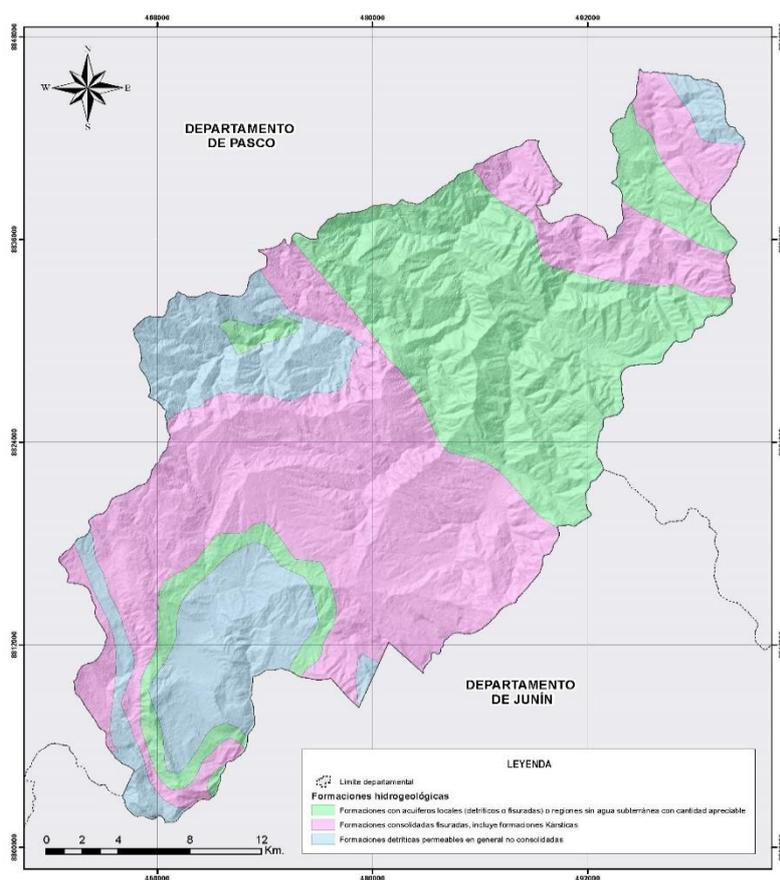


Este mapa hidrológico a nivel de cuencas puede ser encontrado en los anexos del presente estudio, con el código VR-LB-13.

**I. Hidrogeología:** De acuerdo a la clasificación realizada por el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), dentro del distrito de Villa Rica se tienen las siguientes categorías hidrogeológicas: “Formaciones con acuíferos locales (detríticos o fisuradas) o regiones sin agua subterránea con cantidad apreciable” con un área total de 28 821.453 Ha (35.066 % del territorio); las “Formaciones consolidadas fisuradas, incluye formaciones Kársticas” con un área total de 37 531.907 Ha (45.664 % del territorio); y las “Formaciones detríticas permeables en general no consolidadas” con un área total de 15 838.217 Ha (19.270 % del territorio).

**Figura 12**

*Hidrogeología del área de estudio (distrito de Villa Rica)*

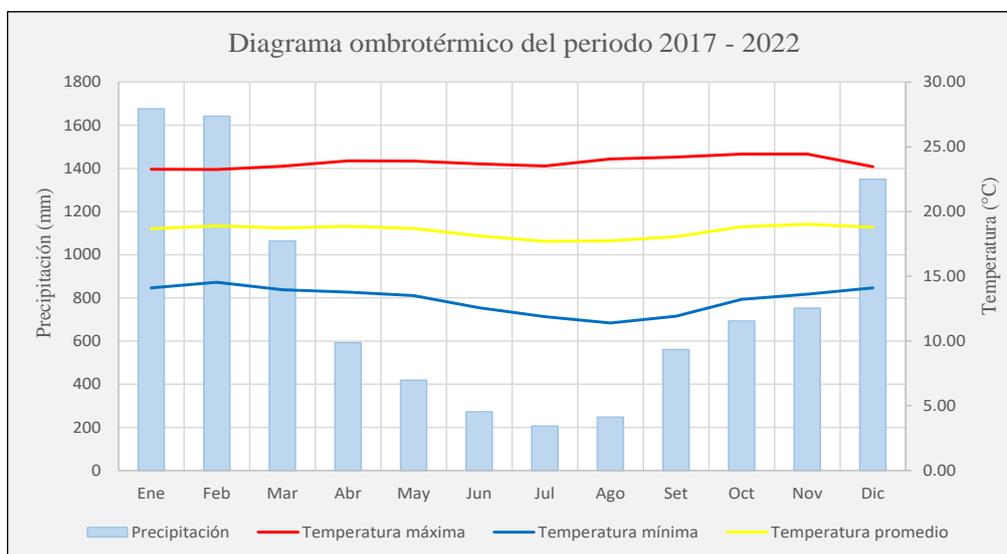


Este mapa de hidrogeología puede ser encontrado en los anexos del presente estudio, con el código VR-LB-14.

**J. Meteorología:** De acuerdo con lo obtenido en el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) respecto de la estación más cercana al distrito de Villa Rica (estación “Oxapampa” ubicada en el distrito de Chontabamba, a 25 Km. al NO de la ciudad de Villa Rica, a 1 801 m.s.n.m.), la temperatura promedio máxima obtenida fue de 23.80 °C con un máximo de 28.8 °C, mientras que la temperatura promedio mínima es de 13.21 °C y un valor mínimo de 6.6 °C. La humedad relativa promedio del lugar corresponde a un valor de 84.11 %, y la precipitación promedio multianual es de 1579.033 mm de lluvia, donde los meses más lluviosos corresponde a diciembre, enero y febrero, y los meses menos lluviosos corresponden a junio, julio y agosto. A continuación se adjunta el diagrama ombrotérmico del periodo analizado disponible en la data Hidrometeorológica del SENAMHI: 2017 – 2022<sup>1</sup>.

**Figura 13**

*Diagrama ombrotérmico de la estación Oxapampa (la más cercana al distrito de Villa Rica)*



*Nota.* Adaptado de información del SENAMHI.

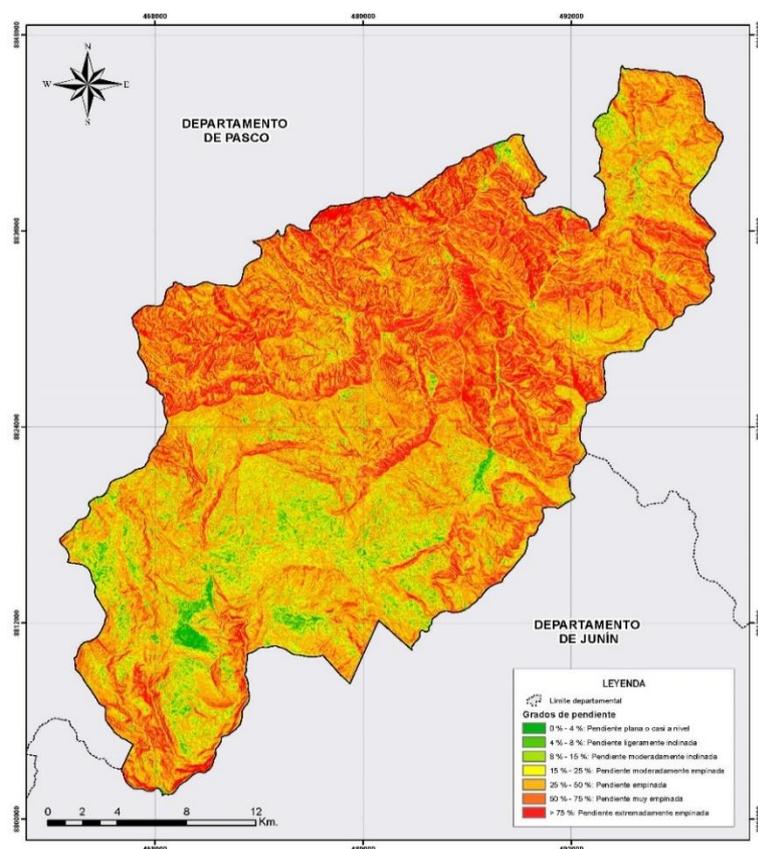
**K. Pendientes:** De acuerdo a lo determinado según el empleo del Modelo de Elevación Digital (DEM) del distrito de Villa Rica, se obtuvieron grados de pendiente desde

<sup>1</sup> <https://www.senamhi.gob.pe/?&p=estaciones>

los 0° hasta más de 75°, el cual fue clasificado de acuerdo a lo establecido en el Reglamento de Clasificación de Tierras (D.S. N° 017-2009-AG) en: 0° – 4° (695.744 Ha o 0.847 %), 4° – 8° (1 805.440 Ha o 2.197 %), 8° – 15° (5 512.648 Ha o 6.707 %), 15° – 25° (12 784.208 Ha o 15.555 %), 25° – 50° (33 826.242 Ha o 41.156 %), 50° – 75° (18 889.889 Ha o 22.983 %) y > 75° (8 675.505 Ha o 10.555 %).

**Figura 14**

*Pendientes del área de estudio (distrito de Villa Rica)*



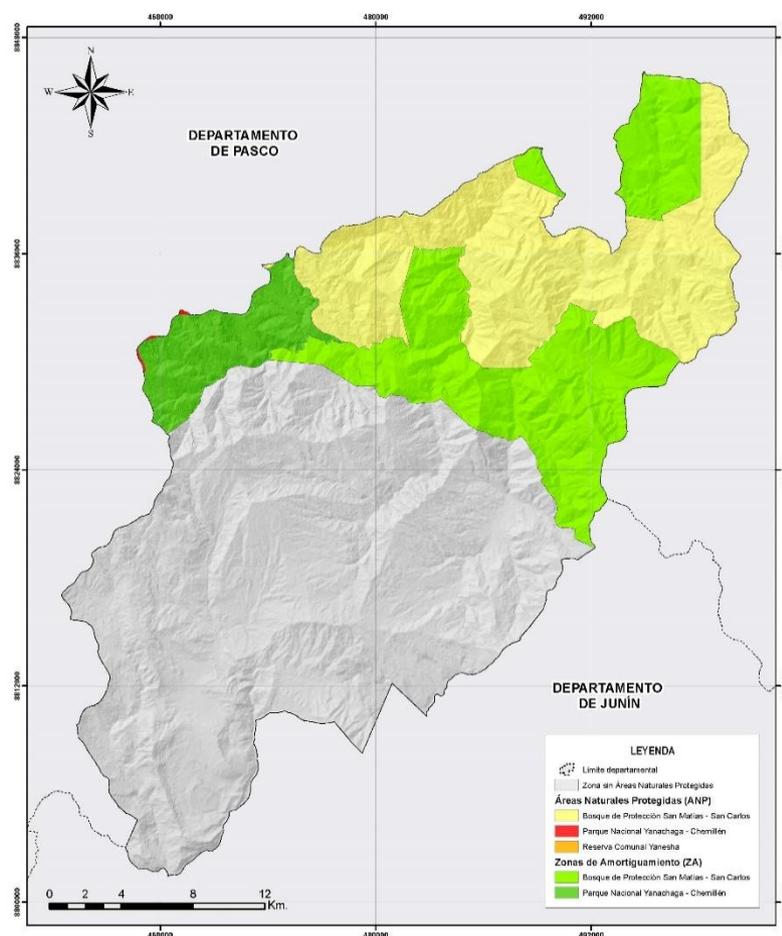
Este mapa de pendientes puede ser encontrado en los anexos del presente estudio, con el código VR-LB-7.

**2.1.3.2. Características biológicas:** Comprende los ítems: Áreas Naturales Protegidas (ANP), cobertura vegetal, ecorregiones, ecosistemas, flora, fauna, servicios ecosistémicos y zonas de vida del distrito Villa Rica.

A. **Áreas Naturales Protegidas:** De acuerdo con lo indicado por el Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (SERNANP), dentro del distrito de Villa Rica se tienen las siguientes Áreas Naturales Protegidas (ANP): “Bosque de Protección San Matías - San Carlos” (16 628.260 Ha o el 20.231 %), “Parque Nacional Yanachaga - Chemillén” (32.414 Ha o el 0.039 %) y la “Reserva Comunal Yanesha” (2.689 Ha o el 0.003 %).

**Figura 15**

*Áreas Naturales Protegidas del área de estudio (distrito de Villa Rica)*

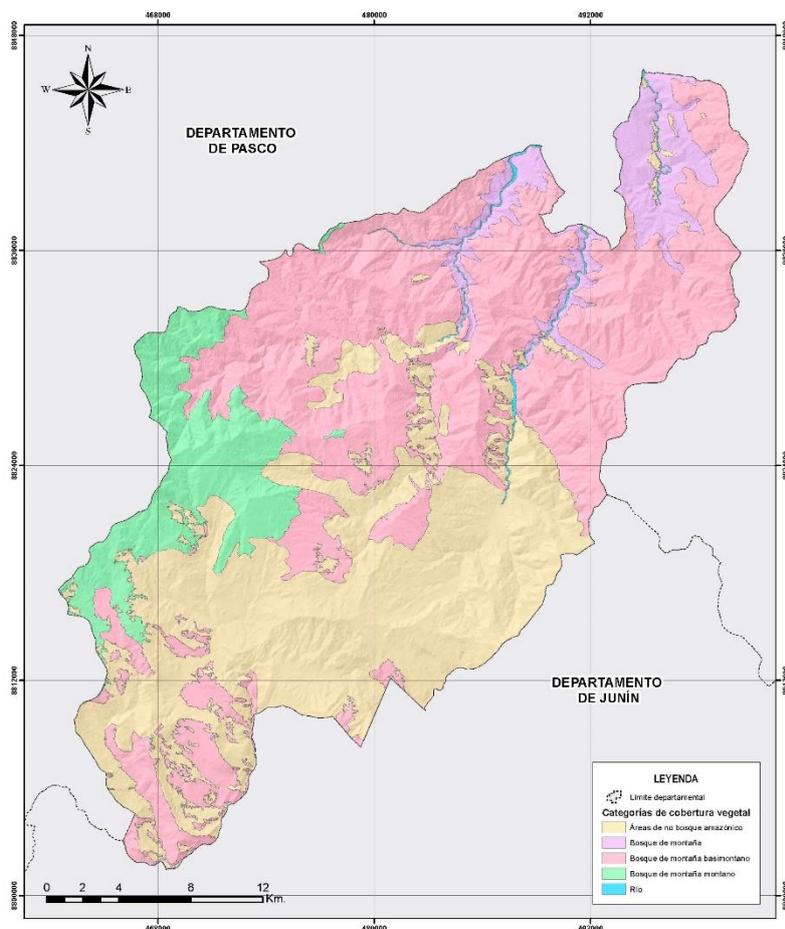


Así también, se cuenta con las Zonas de Amortiguamiento del “Bosque de Protección San Matías - San Carlos” (14 873.617 Ha o el 18.096 %) y al “Parque Nacional Yanachaga - Chemillén” (4 155.341 Ha o el 5.056 %). Este mapa de Áreas Naturales Protegidas puede ser encontrado en los anexos del presente estudio, con el código VR-LB-2.

**B. Cobertura vegetal:** De acuerdo con lo indicado por Ministerio del Ambiente (MINAM), dentro del distrito de Villa Rica se tienen las siguientes coberturas vegetales: “Áreas de no bosque amazónico”, “Bosque de montaña”, “Bosque de montaña basimontano”, “Bosque de montaña montano”, y “Río”. Las tres (03) categorías de mayor predominancia corresponden a las de “Bosque de montaña basimontano” con un total de 37 451.131 Ha (45.566 % del territorio), seguido por “Áreas de no bosque amazónico” con un total de 30 503.515 Ha (37.113 % del territorio) y “Bosque de montaña montano” con un total de 8 464.405 Ha (10.298 %). Las dos últimas categorías de menor predominancia ascienden en un total de 2 886.264 Ha (7.023 % del territorio del distrito de Villa Rica).

**Figura 16**

*Cobertura vegetal del área de estudio (distrito de Villa Rica)*

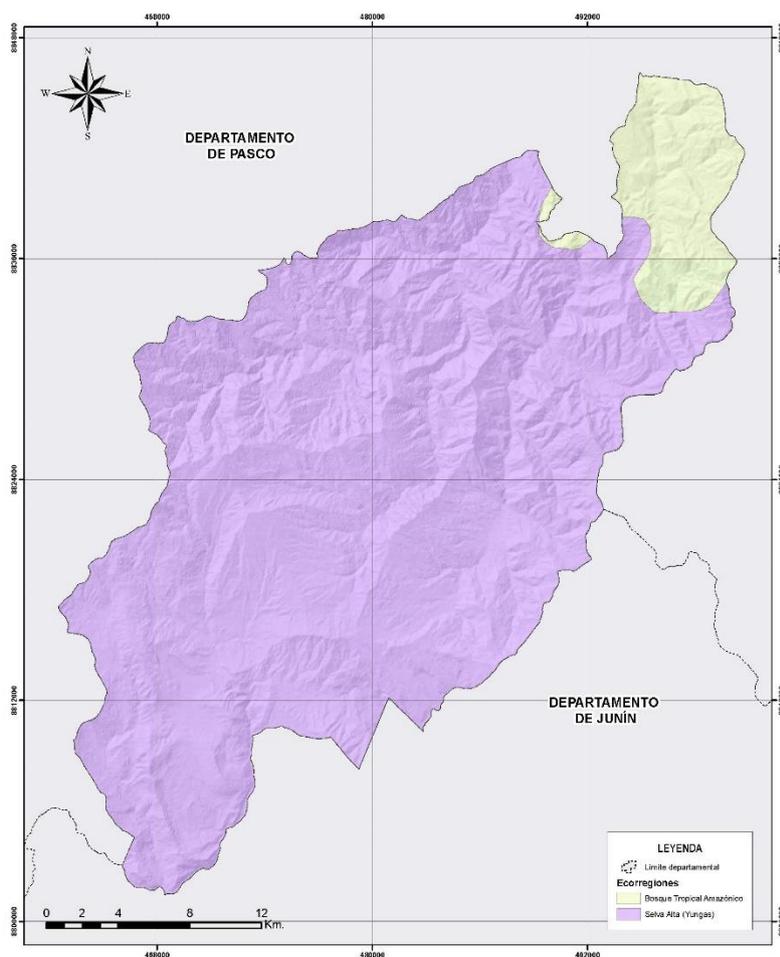


Este mapa de coberturas vegetales puede ser encontrado en los anexos del presente estudio, con el código VR-LB-4.

**C. Ecorregiones:** De acuerdo con lo indicado por Ministerio del Ambiente (MINAM), dentro del distrito de Villa Rica se tienen dos (02) ecorregiones: la “Selva Alta” (Yungas), que ocupa el mayor porcentaje del territorio con un total de 91.606 % (75 292.820 Ha), y el “Bosque Tropical Amazónico” que ocupa el menor porcentaje del territorio con un total de 8.394 % (6 898.758 Ha).

**Figura 17**

*Ecorregiones del área de estudio (distrito de Villa Rica)*

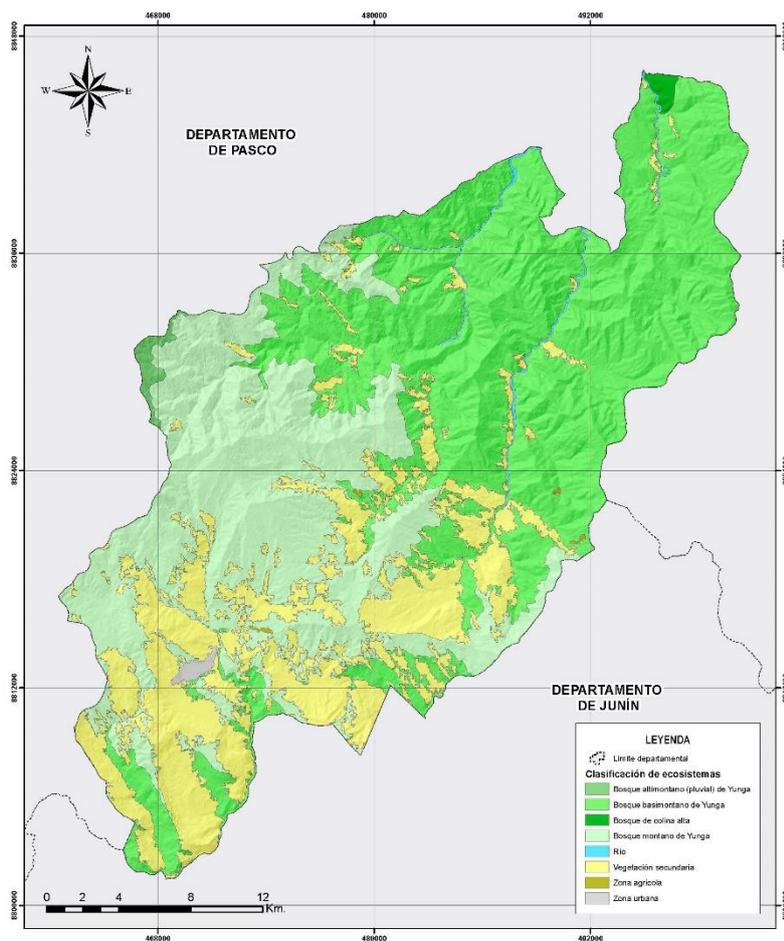


Este mapa de coberturas vegetales puede ser encontrado en los anexos del presente estudio, con el código VR-LB-5.

**D. Ecosistemas:** De acuerdo con lo indicado por Ministerio del Ambiente (MINAM), dentro del distrito de Villa Rica se tienen los siguientes tipos de ecosistemas: “Bosque altimontano (Pluvial) de Yunga”, “Bosque basimontano de Yunga”, “Bosque de colina alta”, “Bosque montano de Yunga”, “Río”, “Vegetación Secundaria”, “Zona agrícola” y “Zona urbana”. El de mayor predominancia fue el ecosistema denominado “Bosque basimontano de Yunga” con un total del 46.746 % del distrito de Villa Rica (38 421.558 Ha), mientras que el de menor expansión fue el de la “zona agrícola” con un total del 0.079% (65.201 Ha).

**Figura 18**

*Ecosistemas del área de estudio (distrito de Villa Rica)*



A continuación, se adjunta una tabla con los 8 ecosistemas antes indicados. Así también, Este mapa de ecosistemas puede ser encontrado en los anexos con el código VR-LB-6.

**Tabla 3***Ecosistemas existentes en el distrito de Villa Rica*

Ecosistemas existentes	Área (Ha)	Porcentaje
Bosque altimontano (Pluvial) de Yunga	414.052175	0.504%
Bosque basimontano de Yunga	38 421.55838	46.746%
Bosque de colina alta	245.068949	0.298%
Bosque montano de Yunga	24 746.88236	30.109%
Río	408.979198	0.498%
Vegetación Secundaria	17 684.25395	21.516%
Zona agrícola	65.20115	0.079%
Zona urbana	205.581978	0.250%
Total	82 191.578	100.000 %

*Nota.* Adaptado del Ministerio del Ambiente

**E. Fauna:** De acuerdo a lo indicado en el Plan de desarrollo local concertado 2018 – 2030 por la Municipalidad Distrital de Villa Rica (2018), se adjuntan las especies de flora identificadas en el Plan Maestro del “Parque Nacional Yanachaga Chemillen 2015 – 2019”, Plan Maestro del “Humedad Laguna El Oconoal 2010 - 2014”, Plan Maestro del “Bosque de Protección San Matías San Carlos 2015 - 2019” y el Plan de Acción de la “Reserva de Biosfera Oxapampa Asháninca Yánesha 2015 – 2021”. Estas especies se enlistan a continuación:

**Tabla 4***Especies de fauna identificadas en el distrito de Villa Rica*

Especie	Nombre común	Nombre científico	Uso	Situación de vulnerabilidad
Mamíferos	Mono Choro	<i>Lagothrix lagothricha</i>	-	-
	Ardilla (Otorongo)	<i>Panthera onca</i>	-	Bajo

Espece	Nombre común	Nombre científico	Uso	Situación de vulnerabilidad
	Cupte	<i>Dasyprocta sp.</i>	Consumo	Alto
	Cashunas	<i>Nasua nasua</i>	Consumo	Alto
	Tigrillo	<i>Leopardus pardalis</i>	-	Bajo
	Venado Colorado	<i>Mazama americana</i>	-	Bajo
	Zamaño, Rucupe o Liebre	<i>Agouti paca</i>	Consumo	-
	Oso de Anteojos	<i>Tremarctos ornatus</i>	-	-
	Sajino	<i>Pecari tajacu</i>	Consumo	Media
	Quirquincho (Armadillo)	<i>Chaetophractus nationi</i>	Consumo	Media
	Nutria	<i>Lutrinae</i>	Consumo	Bajo
	Majaz	<i>Cuniculus paca</i>	Consumo	
	Machetero	<i>Dinomys branickii</i>	Consumo	Alto
	Gallito de las Rocas	<i>Rupicola peruviana</i>	Atractivo	Medio
	Paloma	<i>Columbidae</i>	Consumo	Media
	Loros	<i>Psittacoidea</i>	-	Bajo
	Tucán	<i>Ramphastos sp</i>	-	-
Aves	Pava Silvestre	<i>Chamaepetes goudotii</i>	Consumo	Alto
	Perdiz de Monte	<i>Crypturellus spp.</i>	-	-
	Golondrina	<i>Hirundo rustica</i>	-	Baja
	Gavilán Terreño	<i>Buteo magnirostris</i>	-	-
	Paco	<i>Piaractus bidens</i>	Consumo	-
	Gamitana	<i>Colossoma macropomum</i>	Consumo	-
	Tilapia	<i>Oreochromis mossambicus</i>	Consumo	-
Peces	Carachama	<i>Panaque schaeferi</i>	Consumo	-
	Barbon	<i>Barbus barbuis</i>	Consumo	-
	Bagre	<i>Siluriformes</i>	-	-
	Ranas	<i>Hypsiboas boans</i>	Consumo	Alto
Anfibios y Reptiles	Serpiente (Afaninga)	<i>Echivanthera</i>	-	-

Especie	Nombre común	Nombre científico	Uso	Situación de vulnerabilidad
	Sapo	<i>Leptodactylus pentadactylus</i>	Control biológico	Alto
	Tortuga de Pata Amarilla	<i>Chelonoidis denticulata</i>	-	Medio
	Iguana	<i>Iguana iguana</i>	-	Medio
	Caimán	<i>Paleosuchus palpebrosus</i>	-	Alto

*Nota.* Adaptado de la Municipalidad Distrital de Villa Rica (2018)

Tomado de:

Plan Maestro del “Parque Nacional Yanachaga Chemillen 2015 – 2019”

Plan Maestro del “Humedad Laguna El Oconoal 2010 - 2014”

Plan Maestro del “Bosque de Protección San Matías San Carlos 2015 - 2019”

Plan de Acción de la “Reserva de Biosfera Oxapampa Asháninca Yánesha 2015 – 2021”

**F. Flora:** De acuerdo a lo indicado en el Plan de desarrollo local concertado 2018 – 2030 por la Municipalidad Distrital de Villa Rica (2018), se adjuntan las especies de flora identificadas en el Plan Maestro del “Parque Nacional Yanachaga Chemillen 2015 – 2019”, Plan Maestro del “Humedad Laguna El Oconoal 2010 - 2014”, Plan Maestro del “Bosque de Protección San Matías San Carlos 2015 - 2019” y el Plan de Acción de la “Reserva de Biosfera Oxapampa Asháninca Yánesha 2015 – 2021”. Estas especies se enlistan a continuación:

**Tabla 5**

*Especies de flora identificadas en el distrito de Villa Rica*

Especie	Nombre común	Nombre científico	Origen	Uso	Situación de vulnerabilidad
	Pino	<i>Pinus</i>	Exótico	Agroforestal y forestal	-
Árboles	Albicia	<i>Albicia dystachia</i>	Nativo	Agroforestal y forestal	-
	Pino Chuncho	<i>Schizolobium Amazonicum</i>	Nativo	Forestal (madera comercial)	-

Especie	Nombre común	Nombre científico	Origen	Uso	Situación de vulnerabilidad
	Cipres	<i>Cipres</i>	Nativo	Agroforestal y forestal	Medio
	Ulcumano	<i>Retrophyllum rospigliosii</i>	Nativo	Agroforestal y forestal (venta)	Alto
	Pacae Colorado	<i>Inga sp</i>	Nativo	Agroforestal y forestal	Medio
	Eucalipto	<i>Eucalyptus saligna</i>	Exótico	Agroforestal y forestal	-
	Yungol	S.I.	Nativo	Forestal (madera comercial)	Medio
	Nogal negro	<i>Juglans neotropica</i>	Nativo	Forestal (madera comercial)	-
	Cedro	<i>Cedrela Odorata</i>	Nativo	Forestal (madera comercial)	-
	Roble amarillo	<i>Nectandra sp.</i>	Nativo	Agroforestal y forestal	Alto
	Roble blanco	<i>Ocotea sp.</i>	Nativo	Agroforestal y forestal	-
	Roble colorado	<i>Ocotea colorada</i>	Nativo	Agroforestal y forestal	-
	Matapalo	<i>Ficus sp.</i>	Nativo	Agroforestal y forestal	Bajo
	Tacho	<i>Terminalia sp.</i>	Nativo	Agroforestal y forestal	-
	Congona	<i>Brosimum alicastrum</i>	Nativo	Agroforestal y forestal	-
	Tornillo	<i>Cedrelinga catenaeformis</i>	Nativo	Forestal (madera comercial)	-
	Diablo fuerte	<i>Podocardus sp</i>	Nativo	Construcción de vivienda	Alto
	Almendra	<i>Cenyocar Macrocarpon</i>	Nativo	Madera rolliza	Medio
	Almendro	<i>Caryocar macrocarpon</i>	Nativo	Forestal (madera comercial)	-

Especie	Nombre común	Nombre científico	Origen	Uso	Situación de vulnerabilidad
	Moena	<i>Aniba sp</i>	Nativo	Forestal (muebles)	Medio
	Caoba	<i>Switenia macrophyla</i>	Nativo	Forestal	Medio
	Huayruro	<i>Robinia schunkey</i>	Nativo	Madera aserrada	-
	Alcanfor	<i>Cinnamomum camphora</i>	Nativo	Forestal (madera comercial)	Bajo
	Tulpay	<i>Clarisia racemosa</i>	Nativo	Forestal (madera comercial)	-
	Cumala	<i>Virola sp</i>	Nativo	Forestal (madera comercial)	-
	Chontaquiro	<i>Diplotropis sp.</i>	Nativo	Forestal (madera comercial)	-
	Machin zapote	<i>Quararibea sp.</i>	Nativo	Forestal (madera comercial)	-
	Bolaina negra	<i>Guazuma ulmifolia</i>	Nativo	Agroforestal y forestal	-
	Araucaria	<i>Araucaria sp.</i>	Nativo	Agroforestal	-
Malezas	Lechero	<i>Acalypha sp</i>	Nativo	Forestal (madera comercial)	-
	Tucnay	<i>Hyptidendrum Arboreum</i>	Nativo	Cobertura vegetal	-
Arbustos	Huampo	<i>Heliocarpus americanus</i>	Nativo	Cobertura vegetal	-
	Palmera	<i>Arecaceae</i>	Nativo	Decorativo viviendas jardines	-

Especie	Nombre común	Nombre científico	Origen	Uso	Situación de vulnerabilidad
	Chilca	<i>Baccharis salicifolia</i>	Nativo	Cobertura vegetal	-
Tóxicas	Machicura	<i>Pteridium aquilinum</i>	Nativo	-	Bajo
Ornamentales	Orquidea	<i>Solanaceae</i>	Nativo	Decorativas	Alto
	Bambú	<i>Guadua angustifolia</i>	Exótico	Viviendas decorativas	-
Tecnología	Requia	<i>Guarea cinnamonea</i>	Nativo	Forestal	-
	Quina quina	<i>Pterocarpus rohrii</i>	Nativo	-	-
	Achiote	<i>Bixa Orellana</i>	Nativo	-	-
	Sangre de grado	<i>Croton lechleri</i>	Nativo	Desinflamante, cicatrizante	-
	Matico	<i>Piper aduncun</i>	Nativo	Desinflamante	Medio
	Llantén	<i>Plantago major</i>	Nativo	Desinflamante, expectorante	Medio
Medicinales	Huampo	<i>Heliocarpus americanus</i>	Nativo	Curar riñones	Medio
	Uña de gato	<i>Uncaria tomentosa</i>	Nativo	-	-
	Chuchuhuasi	<i>Maytenus laevis</i>	Nativo	Resfrío, antiinflamatorio	Bajo
	Anis silvestre	<i>Piper callosum</i>	Nativo	-	Bajo
	Ajos sacha	<i>Mansoa alliacea</i>	Nativo	Reumatismo, analgésico, antiinflamatorio	-
Frutales y otros	Guanabana	<i>Annona muricata</i>	Exótico	Consumo	-
	Guayaba	<i>Psidium guajava</i>	Exótico	Consumo	-

Espece	Nombre común	Nombre científico	Origen	Uso	Situación de vulnerabilidad
	Limón	<i>Citrus × limón</i>	Exótico	Consumo	-
	Limón dulce	<i>Citrus limetta</i>	Exótico	Consumo	-
	Mango	<i>Mangifera indica</i>	Exótico	Comercio	-
	Granadilla	<i>Passiflora ligularis</i>	Exótico	Comercio	-
	Piña	<i>Ananas comosus</i>	Exótico	Comercio	-
	Cocona	<i>Solanum sessiliflorum</i>	Exótico	Consumo	-
	Caña de azúcar	<i>Saccharum officinarum</i>	Exótico	Consumo	-
	Moras	<i>Rubus</i>	-	-	-
	Papaya	<i>Carica papaya</i>	Exótico	Comercio	-
	Mandarina	<i>Citrus reticulata</i>	Exótico	Comercio	-
	Anona	<i>Annona squamosa</i>	Exótico	Consumo	-
	Ciruelo	<i>Prunus domestica</i>	Exótico	Consumo	-
	zapote	<i>Pouteria sapota</i>	Exótico	Consumo	-
	Plátano	<i>Musa x paradisiaca L.</i>	Exótico	-	-
	Achiote	<i>Bixa Orellana</i>	Exótico	Comercio	-
	Uvilla	<i>Pourouma cecropiafolia</i>	Nativo	Consumo	-

Nota. Adaptado de la Municipalidad Distrital de Villa Rica (2018)

Tomado de:

Plan Maestro del “Parque Nacional Yanachaga Chemillen 2015 – 2019”

Plan Maestro del “Humedad Laguna El Oconoal 2010 - 2014”

Plan Maestro del “Bosque de Protección San Matías San Carlos 2015 - 2019”

Plan de Acción de la “Reserva de Biosfera Oxapampa Asháninca Yánesha 2015 – 2021”

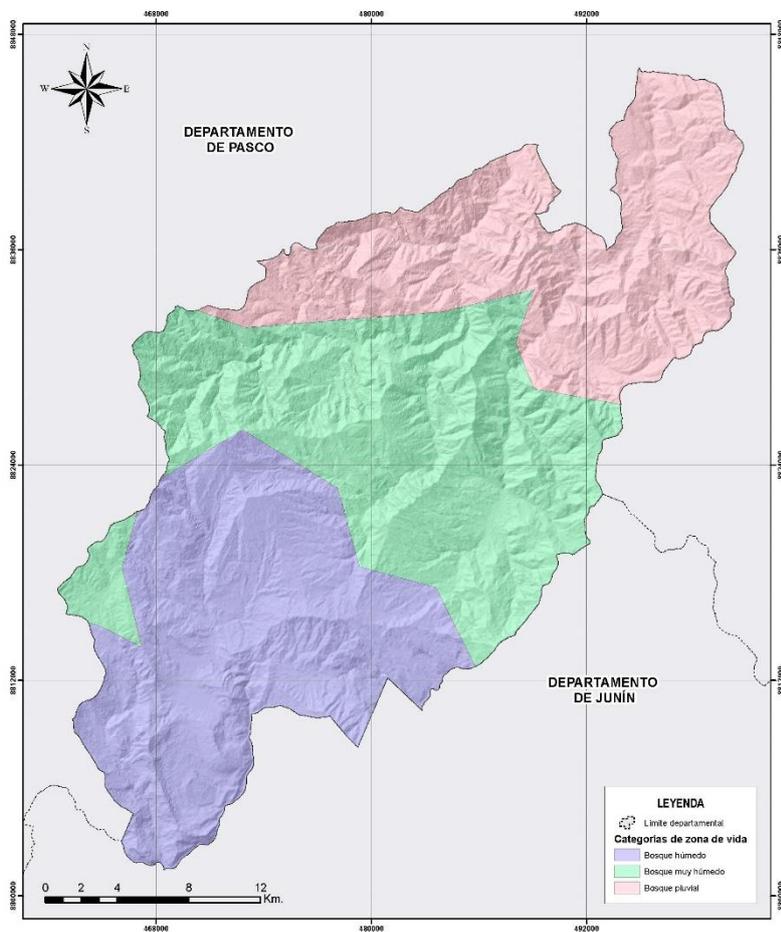
**G. Servicios ecosistémicos:** Actualmente se cuenta con una propuesta en desarrollo de Mecanismo de Retribución por Servicios Ecosistémicos Hídricos – MRSEH, bajo el proyecto “*Recuperación y protección del ecosistema degradado en la zona de Ñagazú sector – I*” de una superficie de 1 835.02 Ha (20.6 Km de perímetro) del cual fue provisto a implementar según la Ordenanza Municipal Nro. 011-2016-MDVR para un sector de la Microcuenca del Río Ñagazú, aquella que abastece de manera mayoritaria de agua potable a la ciudad de Villa Rica. Esta propuesta consiste en la mejora de la calidad el recurso hídrico mediante el Monitoreo de la Calidad química – biológica del agua, el mantenimiento de la disponibilidad hídrica, la producción comercialización de frutos nativos bajo sistemas agroforestales, así como la conservación del ecosistema haciendo uso sostenible de la tierra.

Así también, se cuenta con algunos otros proyectos relacionados: “Recuperación y Protección del Ecosistema *Degradado* en la Zona de Ñagazú Sector – I”, distrito de Villa Rica, Oxapampa – Pasco, “Creación de los servicios de manejo y aprovechamiento de 05 especies forestales no maderables en los anexos de Villa Oyon, Alto Eneñas y San José, en el distrito de Villa Rica, provincia de Oxapampa – Pasco”, y “Mejoramiento De Capacidades De Los Productores De Cultivos Predominantes En Las Microcuencas De Cacazu, Bocaz, Puente Paucartambo, Eneñas, Villa Rica En El Manejo De Sistemas Agroforestales, Distrito De Villa Rica- Oxapampa - Pasco”.

**H. Zonas de vida:** De acuerdo a lo indicado por Ministerio del Ambiente (MINAM), dentro del distrito de Villa Rica se tienen los siguientes tipos de zonas de vida: “Bosque muy húmedo” que representa el 37.209 % del territorio (o 30 582.759 Ha); “Bosque húmedo” con un total de 27 797.392 (33.820 % del distrito); y finalmente el “Bosque pluvial” con el 28.971 % del distrito Villa Rica (23 811.427 Ha).

**Figura 19**

*Zonas de vida del área de estudio (distrito de Villa Rica)*



Este mapa de zonas de vida puede ser encontrado en los anexos del presente estudio, con el código VR-LB-8.

### 2.1.3.3. Características socioeconómicas:

**A. Actividades económicas:** De acuerdo a la Municipalidad Distrital de Villa Rica, (2008), la actividad agrícola practicada por la población en el distrito distribuía el 90% como actividad principal al cultivo del café y/o actividades relacionadas al producto (con algún nivel de transformación o valor agregado, siendo además productos como pasteles de café, licores de café, pies de café, etc. (Meza et al., 2012); así también, el 10 % restante se dedicaban a los cultivos de otros productos como el plátano, el maíz, el rocoto, la cayhua, etc., y actividades

pecuarias (Municipalidad Distrital de Villa Rica, 2008). Esto les ha valido a que el propio distrito tenga reconocimiento a nivel nacional e inclusive internacional por su denominación de “*Café de Villa Rica*”, que fue otorgada por el Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y la Protección de la Propiedad Intelectual (INDECOPI) en el año 2010 (Meza et al., 2012).

Es importante aclarar que, por consecuencia de la incidencia de la “Plaga de la roya” en el distrito en el año 2013, se evidenció una considerable disminución de la producción y rendimiento de este cultivo; sin embargo, ya para el año 2017 se logró conseguir una mayor producción y, habiéndose registrándose mejores rendimientos y una excelente calidad nacional e internacional, donde se tuvo una superficie de cosecha estimada de café de 10,8 mil hectáreas (Sistema Nacional de Evaluación, Acreditación y Certificación de la Calidad Educativa, 2020).

#### ➤ **Acuicultura:**

Debido al clima cálido y la disponibilidad hídrica del distrito, esta actividad piscícola es una actividad emergente (no aporta en el aspecto económico al distrito). La especie con un alto potencial económico es la tilapia (especie introducida), la cual debe de superarse en cuanto a las dificultades en respecto al escaso conocimiento de la tecnología de cultivo y sanidad acuícola, para poder ser uno de los recursos de exportación en los mercados de Norteamérica y Europa.

Además, hay que indicar que otras especies nativas solo se desarrolla a pequeña escala por determinadas familias, en pequeñas pozas cavados en la tierra. A continuación, se adjunta una tabla con algunas características de la actividad piscícola del distrito:

#### **Tabla 6**

*Actividad piscícola en el distrito de Villa Rica*

Centro poblado y/o comunidad nativa	Beneficiarios (productores)	Cantidad (unidades)				Fines
		Paco	Tilapia	Gamitana	Otros	
San Miguel de Eneñas	1	-	50	-	-	Autoconsumo
Comunidad Nativa	4	150	400	-	-	Autoconsumo
Ñagazu	-	-	-	-	-	
Santa Rosa De Ñagazu	3	150	70	-	-	Autoconsumo
Mayme	3	650	-	-	-	Autoconsumo
Rio la Sal	3	-	110	-	-	Autoconsumo
Nuevo Porvenir de Puellas	-	-	-	950	-	Comercio
Milagro	2	150	30	-	-	Autoconsumo
Mellizos	-	-	78	-	-	Autoconsumo
San Pedro de Pichanaz	-	5000	-	950	50	Comercio
San Miguel de Bocaz	1	75	35	-	-	Autoconsumo
Palma Bocaz	-	225	90	-	-	Autoconsumo
Puente Paucartambo	1	-	-	-	100	Autoconsumo
Union de la Selva	1	2450	-	-	-	Comercio
Alto Ubiriki Km 93	-	-	200	160	-	Autoconsumo
Pampa Encantada	1	-	25	-	-	Autoconsumo
<b>Total</b>	<b>20</b>	<b>8850</b>	<b>1088</b>	<b>2060</b>	<b>150</b>	<b>-</b>

*Nota.* Tomado de: Municipalidad Distrital de Villa Rica (2018) y la Gerencia de Desarrollo Económico y Ambiental (MDVR octubre, 2017)

➤ **Áreas turísticas:**

Se han identificado un total de 62 zonas turísticas dentro del distrito de Villa Rica, de las cuales radica su importancia por la producción del café (actividades culturales y productivas). Estas áreas turísticas son categorizadas según: Sitios naturales (22), manifestaciones culturales (05), folclore (03), realizaciones técnicas o artísticas contemporáneas (24) y por último acontecimientos programados (07)<sup>2</sup>. A continuación, se adjuntan algunos de los ejemplos de las categorías antes mencionadas:

**Tabla 7**

*Atractivos turísticos del distrito de Villa Rica*

N	Categoría	Ejemplo
1	Ruta del café	Fincas y fundos cafetaleras: Schuller, Santa Rosa, Santa Teresa, Santa María, CUNAVIR Laboratorio de control de calidad del café. El mirador de Villa Rica Humedal Laguna El Oconal
2	Sitios naturales	Bosque Sho`llet Catarata la Bruja Cascada el León
3	Manifestaciones culturales	Comunidad Nativa Yánesha Unión de la Selva Capilla Nuestra Señora Del Rosario De Villa Rica Mirador Vista Hermosa
4	Folclore	Danza Del Café
5	Realizaciones técnicas o artísticas contemporáneas	Coopchebi Finca Aroma De Montaña

<sup>2</sup> Sub Gerencia de Gestión Empresarial y Turismo (2017). Tomado de (Municipalidad Distrital de Villa Rica, 2018).

N	Categoría	Ejemplo
		Finca La Torre
		Fundo Santa Teresa
		Festival Ecoturístico De Las Comunidades Nativas Yánesha Y Elección De La Princesa Yánesha
6	Acontecimientos programados	Fiesta Patronal De Villa Rica
		Festival Del Café Villa Rica y Festival Nacional Del Café

*Nota.* Tomado de la Municipalidad Distrital de Villa Rica (2018)

### ➤ Producción agrícola:

Abarca el 62,37 % de la superficie del distrito, en las cuales se cultivan diversos productos debido a la gradiente altitudinal entre frutales, tubérculos, granos. El producto principal del distrito es el café, que se siembra en la totalidad de la superficie del distrito, jugando no solo un rol económico, sino también un rol social y cultural. En cuanto a este, el sector de Entaz es el más productivo.

**Tabla 8**

*Actividad agraria en el distrito de Villa Rica*

Cultivo	Sup. Sembrada (ha)	Sup. Cosechada (ha)	Variables		
			Rendimiento (kg. / ha.)	Producción (tn.)	Precio en chacra (s/. Kg)
Achiote	-	4,00	1.417,50	5,67	1,26
Ají	59,00	82,00	5.734,60	470,24	0,98
Cacao	-	2,00	1.054,50	2,11	7,47
Café	25,00	6.693,00	896,31	5.999,01	6,15
Caigua	170,00	215,00	9.557,76	2.054,92	0,57
Frijol grano seco	40,00	78,00	1.741,41	135,83	1,79

Cultivo	Sup. Sembrada (ha)	Sup. Cosechada (ha)	Variables		
			Rendimiento (kg. / ha.)	Producción (tn.)	Precio en chacra (s/. Kg)
Granadilla	-	200,00	6.643,35	1.328,67	2,25
Maíz amarillo duro	156,00	141,00	1.963,19	276,81	0,79
Naranja	-	10,00	4.413,00	44,13	0,56
Palto	1,00	16,00	18.996,81	303,95	1,14
Papaya	7,00	8,00	8,00	4.461,25	35,69
Piña	-	18,00	13.050,00	234,90	0,59
Plátano	2,00	1.500,00	13.432,32	20.148,48	0,77
Rocoto	108,00	660,00	12.753,35	8.417,21	1,23
Yuca	171,00	214,00	9.624,72	2.059,69	0,92

*Nota.* Tomado de: Estadística Agraria Oxapampa - Campaña Agrícola 2015 – 2016 de la Municipalidad Distrital de Villa Rica (2018)

Es importante además indicar que el INDECOPI durante el año 2010 otorgó la denominación de “Origen Café Villa Rica” a los productores cafetaleros del distrito. El reconocimiento está referida principalmente a la calidad, el sabor, aroma, nivel de acidez, rendimiento del café pilado y las técnicas de producción, entre otras, que guardan relación con los factores naturales (suelo, agua, clima, etc.) y humanos (técnicas de producción) de la zona.

#### ➤ **Producción pecuaria:**

Se centra en la crianza de vacunos y ovinos, siendo el ganado vacuno quien cuenta con una población de 4 847 unidades, y la población de ovino que es menor con 319 unidades (para el año 2017). Esta es desarrollada principalmente en el sector de la micro cuenca de Cacazú,

por la extensa superficie de pastos nativos naturales y cultivados. A continuación, se adjuntan las características de dicha producción pecuaria distrital:

**Tabla 9**

*Producción pecuaria del distrito de Villa Rica*

Especie	Variable	Unidad de medida	Meta programada	Ejecutado
	Población	Unidades	14.640	
	Producción	Unidades (Saca)	10 248	7.908
	Carcasa	(Kg)	26 644,80	18 201,40
Gallinas	Precio en chacra	(S/, x Kg.)		15,11
	Producción	Gallinas Postura	4 392	5 192
	Huevos	(Kg)	3 689,28	4 436,97
	Precio en chacra	(S/, x Kg.)	-	8,79
	Población	Unidades	4 944	
	Producción	Unidades (Saca)	989	911
	Carcasa	(Kg)	356 040,00	320 575,00
Vacuno	Precio en chacra	(S/, x Kg.)		9,38
	Producción	Vacas Ordeño	1187	1302
	Leche	(Kg)	1 949 647,50	2 062 219,25
	Precio en chacra	(S/, x Kg.)	-	1,28
	Población	Unidades	325	
	Producción	Unidades (Saca)	59	64
Ovino	Carcasa	(Kg)	1 475,00	1 897,50
	Precio en chacra	(S/, x Kg.)	-	5,46
	Población	Unidades	1 856	
Porcino	Producción	Unidades (Saca)	1 021	1 397
	Carcasa	(Kg)	45 945,00	83 537,10

Especie	Variable	Unidad de medida	Meta programada	Ejecutado
	Precio en chacra	(S/, x Kg.)	-	8,00

*Nota.* Tomado de: Estadística Agraria Oxapampa - Campaña Agrícola 2015 – 2016 de la Municipalidad Distrital de Villa Rica (2018)

➤ **Transformación:**

Se enlistan las dos actividades de transformación realizadas en el distrito de Villa Rica:

Beneficio del café y los aserraderos:

- **Plantas de beneficio de café:** Para octubre del año 2017 se contaban con 46 plantas de beneficio húmedo del café (empleo de agua), donde se transforma de café cereza a café pergamino. Este consiste en la eliminación de las dos primeras capas del grano de café (pulpa y mucílago), para obtener un grano de café (pergamino), que es la tercera capa que lo cubre. A continuación, se enlistan las plantas de beneficio húmedo de café:

**Tabla 10**

*Plantas de beneficio húmedo de café del distrito de Villa Rica*

N°	Propietario	Planta de Beneficio	Sector
1	Lennin Sevallos Arellano	Cooperativa agraria la florida	La Florida
2	Percy Bazan Pereira	Finca Bazan	La Florida
3	Teobaldo de la Cruz Lozano	Fundo los Naranjos	Eneñaz
4	Ruben Quiquia Velasques	Finca Raamar	Eneñaz
5	Eduardo Gamboa Llerena	Fundo Granada	Eneñaz
6	Justino Lujan	Fundo la COLMENA	Eneñaz
7	Humberto Yojan Erckan	Humberto Yojan Erckan	Alto Eneñaz
8	Omar carrasco	Omar Apacee S.A.C.	Los Milagros
9	Comunidad el Milagro	Comunidad el Milagro	Los Milagros

N°	Propietario	Planta de Beneficio	Sector
10	Cesar Gomez Miranda	A.P.S.Y.	Ñagazú
11	Juan Catay Arrece	A.P.Y.A.C.	Ñagazú
12	Max Huacachi Rojas	Max Huacachi Rojas	Pampa Encantada
13	Agricultores	Despulpadora Artesanal	Pampa Encantada
14	Agricultores	Despulpadora Artesanal	Pampa Encantada
15	Agricultores	Despulpadora Artesanal	Pampa Encantada
16	Agricultores	Despulpadora Artesanal	Pampa Encantada
17	Roger Roncal Muñoz	CUNAVIR	Oconal
18	Javier Shuler Rodrigues	Javier Shuler Rodríguez	Oconal
19	Guisado Salazar Mauro	Guisado Salazar Mauro	Alto Entáz
20	Alfonso Asorsa Palomino	Fundo Los Pinos	Alto Entáz
21	Hamilton Vidurruzaga	Finca Santa Estela	Alto Entáz
22	Elmer Octavio Rodrigues Palma	Fundo Santa Martha	Alto Entáz
23	Juan Brack Egg	Finca Santa Teresa	Alto Entáz
24	Klements Maria Brack Egg	Finca Santa María	Cedropampa
25	Francisco Brack Egg	Finca Brack	Cedro Pampa
26	Ingoberth Noche Mick	Ingoberth Noche Mick	Cedro Pampa
27	Selena Contreras O.	Finca Santa Rosa	Oconal
28	David Reinaga Rivas	Fundo San Martin	Los Mellizos I
29	Vicente Moali	Vicente Moali	Los Mellizos I
30	Jose Simon Rufner	Fundo Esther	Los Mellizos I
31	Lucio Mansilla Melendez	Fundo San Ignacio	Los Mellizos I
32	Raquel Revollar	Raquel Revollar	Los Mellizos II
33	Bradi Bernaola Muller	Finca Bradi Bernaola	Santa Herminia Palomar
34	Martha Janampa Verde	Cooperativa Agraria Cafetalera Ecológica	Santa Herminia Palomar
35	Dagoberto Marin Ludeña	Finca D Dago	Santa Herminia Palomar
36	Feliz Marin Ludeña	COOPCHEBI	Santa Herminia Palomar
37	Familia Coñibo	Familia Coñibo	Maime

N°	Propietario	Planta de Beneficio	Sector
38	Walter Lopez Gaspar	APAEYAM - COHUEN CAFÉ	Maime
39	Edward W. Bollinger Sponhiz	Edward W. Bollinger Sponhiz	Yesu
40	Geronimo Shuler Egg	Geronimo Shuler Egg	Villa Rica
41	Klaus E. Wallentin Mick	Klaus E. Wallentin Mick	Villa Rica
42	Heidi mick Habicht	Fundo Monarzá	Villa Rica
43	Rolando Blacido Roman	Cooperativa Agraria Cafetalera Villa Rica	Villa Rica
44	Javier Shuler Canepa	Agroindustria Shuler	Villa Rica
45	Manuel ortiz	Manuel Ortiz	Villa Rica
46	Nano La Torre	Nano La Torre	Villa Rica

*Nota.* Tomado de: Gerencia de Desarrollo Económico y Ambiental (marzo 2018) de la Municipalidad Distrital de Villa Rica (2018)

- **Aserraderos:** Para octubre del año 2017, dentro del distrito de Villa Rica se tenían registradas 11 plantas de transformación primaria de madera, siendo las especies de mayor valor comercial el ulcumano (*Prumnopytys harmsiana*, *Prumnopytys montana*), y diablo fuerte (*Retrophyllum rospigliossi*). A continuación, se enlistan los aserraderos antes indicados:

**Tabla 11**

*Aserraderos del distrito de Villa Rica*

N°	Aserraderos
1	Aserradero Oro Verde S.A.C.
2	Industria Maderera Andrea E.I.R.L.
3	Industrias Forestales Villa Rica s.a.c.
4	Maderera Facundo S.A.C.
5	Maderera G&M S.A.C.
6	Maderera Vidurizaga SAC
7	New Forest S.A.C
8	Rain Forest Arbocco SAC

9	Tecnimaderas Cashato E.I.R.L.
10	New Forest SAC
11	Industria Maderera EIRL

*Nota.* Tomado de: Gerencia de Desarrollo Económico y Ambiental (marzo 2018) de la Municipalidad Distrital de Villa Rica (2018)

➤ **Zonas de utilización minera:**

Dentro del distrito de Villa Rica se cuenta con 3 áreas de utilización minera; sin embargo, estas no cuentan con potencial económico, así como tampoco tiene aporte en la economía local. A continuación enlistamos dichas zonas:

**Tabla 12**

*Concesiones mineras del distrito de Villa Rica*

Concesión	Titular	Estado	Sustancia	Área (Ha)	(%)
Ketty Lucero	Empresa minera Cobre Sol S.A.C.	Titulado	No Metálica	100,00	0,11
Delicaflor	Carlos Antonio Huamán Merino	Trámite	No Metálica	100,00	0,11
Los Culecos	Celso Alfredo Huamán Merino y otros	Trámite	No Metálica	100,00	0,11
<b>TOTAL</b>				<b>300,00</b>	<b>0,33</b>

*Nota.* Tomado de: Tomado de: INGEMMET (2017) y la Municipalidad Distrital de Villa Rica (2018)

**B. Celebraciones y/o festividades:** Dentro del distrito de Villa Rica se cuenta con las siguientes celebraciones realizadas en el distrito de Villa Rica, distribuidas según mes en la siguiente tabla:

**Tabla 13**

*Celebraciones y/o festividades del distrito de Villa Rica*

N	Fecha de celebración	Nombre de la celebración o festividad	Lugar/lugares de celebración
1	Enero	Bajada de reyes	En la mayoría de las familias del distrito.
2	Febrero	Carnavales	En la parte urbana del distrito.
3	Marzo	-	-
4	Abril	Semana santa (con diversas actividades)	Todo el distrito.
5	Mayo	Aniversario de los clubes de Fútbol más antiguos del distrito: Centro social y Dos de mayo. Aniversario por la reserva de Biosfera Asháninca Yánesha Oxapampa.	En los mismos clubes del distrito. En la parte urbana del distrito.
6	Junio	Aniversario por la reserva de Biosfera Asháninca Yánesha Oxapampa. Fiestas de San Juan	En la parte urbana del distrito Ñagazú, unión de la selva, Mayme, San Juan de Cacazú
7	Julio	Homenaje al Sr. De Muruhuay Fiestas patrias y aniversario de Villa Rica. Festival del café.	En Villa Rica Centro Todo Villa Rica
8	Agosto	-	-
9	Setiembre	-	-
10	Octubre	Fiesta patronal por la Virgen del Rosario y fiesta ganadera.	Todo el Distrito
11	Noviembre	Creación política de la región Pasco	A nivel regional
12	Diciembre	Navidad	Todo el distrito

*Nota.* Tomado de: Municipalidad Distrital de Villa Rica (2018)

**C. Comunidades nativas:** Dentro del distrito de Villa Rica se cuenta con un total de 9 comunidades Yánesha, el cual este es el lugar de sus ancestros y el escenario de su historia, historia transmitida de forma oral y vivencial:

#### **Tabla 14**

*Resumen de comunidades nativas del distrito de Villa Rica*

N°	Comunidad nativa	Población
01	Alto Churumazú	103
02	Alto Purús	174
03	El Milagro	111
04	Maccha Bocaz	49
05	Mayme	135
06	Ñagazú	276
07	Palma Bocaz	47
08	Puellas Yuncullmas	149
09	Unión de La Selva	173

*Nota.* Tomado de: Municipalidad Distrital de Villa Rica (2018)

Fuente: IBC. Basado en el XI Censo de Población y VI de Vivienda 2007.

Plan de vida 2010 – 2020 - FECONAYA Federación de comunidades nativas Yánesha

**D. Demografía:** La demografía del distrito de Villa Rica, en función a los sexos de la población urbano y rural, y de acuerdo a los censos de los años 1993, 2005, 2007 y 2017, evidencia un crecimiento global en el periodo 1993 – 2007 y una disminución para el año 2017. Además, para todos los periodos globales analizados se aprecia una reducción porcentual de la población rural y un incremento porcentual en la población urbana. Esta información se adjunta en la siguiente tabla:

**Tabla 15**

*Evolución y proyección poblacional del distrito de Villa Rica – periodos 1981 - 2020*

Año	Población total	División poblacional en entorno urbano / rural					
		Población urbana			Población rural		
		Población total	%	Sexo	Población total	%	Sexo
1981	12 690	-	-	-	-	-	-
1993	14 739	7 113	48.26	M: 3 258	7 626	51.74	M: 3 438
				H: 3 855			H: 4 188
2005	16 931	10 092	59.61	M: 4 884	6 839	40.39	M: 3 093
				H: 5 208			H: 3 746

Año	Población total	División poblacional en entorno urbano / rural					
		Población urbana			Población rural		
		Población total	%	Sexo	Población total	%	Sexo
2007	18 619	11 351	60.96	M: 5 419 H: 5 932	7 268	39.04	M: 3 237 H: 4 031
2017	17 274	12 915	74.77	M: 6 502 H: 6 413	4 359	25.23	M: 2 044 H: 2 315
2020*	18 610	-	-	-	-	-	-

*Nota.* Tomado de: Censo Nacional de Población y Vivienda - Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) 1993, 2005, 2007 y 2017.

\* Proyectado según los documentos:

[https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1715/libro.pdf](https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1715/libro.pdf)

<https://ww3.vivienda.gov.pe/repositorioestadistico/ProyeccionPoblacion.aspx>

**E. Educación:** Dentro del distrito de Villa Rica se cuenta con un total de 104 instituciones educativas distribuidas en 8 niveles / etapas, las cuales son adjuntadas a mayor detalle en la siguiente tabla:

**Tabla 16**

*Resumen de instituciones educativas del distrito de Villa Rica*

Nivel / etapa	Número de I.E. por nivel	Total de alumnos
Inicial	26	998
PRONOEI	22	188
Primaria	42	2 471
Secundaria	9	1 472
Básica alternativa	1	206
Básica especial	1	19
Superior	2	530
Técnico productivo	1	80

<b>Total</b>	<b>104</b>	<b>5 964</b>
--------------	------------	--------------

*Nota.* Tomado de: la Municipalidad Distrital de Villa Rica (2018)

Fuente: UGEL Oxapampa

**F. Programas sociales:** Dentro del distrito de Villa Rica se cuenta con un total de 6 programas sociales. Estos son indicados y detallados en la tabla siguiente:

**Tabla 17**

*Programas sociales del distrito de Villa Rica*

N°	Programa	Variable	Beneficiarios
01	Contigo	N° de usuarios	17
02	Cuna Mas	N° de familias atendidas en el servicio: Acompañamiento de Familias	115
		N° de niños atendidos en el servicio Cuidado Diurno	188
03	Foncodes	N° de hogares Haku Wiñay	312
04	Juntos	N° de hogares abonados	801
05	Pensión 65	N° de beneficiarios	463
06	Qaliwarma	N° de II.EE atendidas	80
		N° de niños y niñas atendidos	3 783

*Nota.* Tomado de: la Municipalidad Distrital de Villa Rica (2018)

Fuente: Infomidis, enero 2018

**G. Salud:** Dentro del distrito de Villa Rica se cuenta con un total de 16 establecimientos de salud, las cuales son adjuntados a mayor detalle en la siguiente tabla:

**Tabla 18**

*Resumen de establecimientos de salud del distrito de Villa Rica*

N°	Establecimiento de salud	Dirección	Categoría
01	Hosp. "Román Egoavil Pando" Villa Rica	Av. Valentín Cueva s/n- Villa Rica	II-1
02	Alto Cacazu	Centro Poblado Alto Cacazu	I-1

N°	Establecimiento de salud	Dirección	Categoría
03	Puente Paucartambo	Puente Paucartambo s/n	I-2
04	Bocaz	Centro Poblado Bocaz	I-1
05	Los Mellizos	Centro Poblado Los Mellizos	I-1
06	Eneñas	Centro Poblado Eneñas	I-2
07	San Juan de Cacazu	Centro Poblado San Juan de Cacazu	I-3
08	Mayme	CCNN. Mayme	I-1
09	Ñagazu	CCNN. Ñagazu	I-1
10	Villa Oyon	Centro Poblado Villa Oyon	I-1
11	Cedropampa	Centro Poblado Cedropampa	I-1
12	Alto Entaz	Centro Poblado Alto Entaz	I-1
13	Pampa Encantada	Centro Poblado Pampa Encantada	I-1
14	Ubiriki	Centro Poblado Uribiki	I-1
15	Bella Esperanza	Bella Esperanza s/n	I-1
16	San Pedro de Pichanaz	CCNN San Pedro de Pichanaz	I-1

*Nota.* Tomado de: la Municipalidad Distrital de Villa Rica (2018)

Fuente: Micro Red de Salud Villa Rica (2017)

**H. Servicios básicos adicionales:** Se cuenta con los siguientes datos de Redes de abastecimiento de agua, alcantarillado y suministro eléctrico:

➤ **Redes de abastecimiento de agua:**

El 76,9 % de la población accede al servicio de agua para consumo; de las cuales el 48,79 % es agua potable administrada por la EPS Selva Central S.A. Unidad Operativa Villa Rica que abastece a la ciudad de Villa Rica y el Oconal. Y el 28,11 % accede al servicio de agua administrada por las JASS (Juntas Administradoras de Servicio de Saneamiento), reconocidas mediante resolución por la municipalidad distrital de Villa Rica (2018). A continuación, se adjunta la tabla de Cobertura de servicio de agua:

**Tabla 19**

## Redes de abastecimiento de agua del distrito de Villa Rica

Administración	Nombre	Fuente	Conexiones 2014	Población			Cobertura (%)	
				2015	2016	2017		
Empresa Prestadora de Servicio de Agua Potable y Alcantarillado (EPS)	Selva Central S.A.	Rio La Sal	2366	2434	2462	9848	48.79	
	Villa Oyon	Manantial Santa Edelvina / Qda. San Juan	-	-	40	250		
	CC.NN. Union de la Selva	Qda. Golondrina	-	-	40	130		
	San Miguel de Eneñas	Qda. Huapen	-	-	205	1125		
	San Juan de Cacazu	Rio Churchumas	-	-	450	900		
	San Jose	Quebrada s/n	-	-	40	200		
	Junta Administradora de Servicios de Saneamiento (JASS)	Puente Paucartambo	RioLa Sal / Socormo /Fundo Sta. Elena / Sra. Flora	-	-	281	1390	28.11
	Pampa Encantada	Manantial S/N	-	-	53	246		
	CC.NN. Ñagazù	-	-	-	59	343		
	CC.NN. Mayme	-	-	-	24	187		
Los Mellizos	Rio Mellizos	-	-	95	416			
CCNN. El Milagro	Qda. Alto Eneñas	-	-	69	260			
Las Palmas Ubiriki	Manantial Predio Marino Ccopa / Povenir	-	-	30	150			
Privado	FUNDO INGO	-	-	-	22	35		
	FUNDO BRACK	-	-	-	14	33		
	FUNDO ALDO	-	-	-	5	8		

Administración	Nombre	Fuente	Conexiones		Población		Cobertura (%)
			2014	2015	2016	2017	
Total			2366	2434	3889	15521	76.90

*Nota.* Tomado de: Municipalidad Distrital de Villa Rica (2018)

Fuente: EPS Selva Central S.A., Área Técnica Municipal VR (ATM) - Diagnóstico sobre abastecimiento de agua y saneamiento en el ámbito rural – (PNSR, 2016)

#### ➤ **Alcantarillado:**

El sistema de recolección es íntegramente por gravedad, tiene una antigüedad de 30 años que a la fecha ha sido reconstruido. Está conformado por una red de colectores principales de 3355 m; red de colectores secundarios de 22000 m; buzones de inspección 490 unidades y un emisor denominado Entaz de 540 m que descarga las aguas previo tratamiento por la PTAR al río Entaz. A continuación, se adjunta la tabla de Cobertura de servicio de agua para consumo:

**Tabla 20**

*Cobertura de red de alcantarillado y desagüe del distrito de Villa Rica*

Administración	Conexiones		Población atendida	Cobertura (%)
	2015	2016		
EPS Selva Central S.A.	2 434	2 462	9 848	48.79

*Nota.* Tomado de: Municipalidad Distrital de Villa Rica (2018)

Fuente: Memoria de Gestión EPS Selva Central S.A (2016)

#### ➤ **Suministro eléctrico:**

De acuerdo con lo indicado por el Plan de Plan de desarrollo local concertado de la Municipalidad Distrital de Villa Rica (2018), el 83% población accede al servicio de energía eléctrica, sin servicio 16,8 % (Sistema de Información Distrital INEI, 2015). Así también, el servicio de Energía Eléctrica es distribuido por la empresa concesionaria ELECTROCENTRO S.A., la cual inicia en Oxapampa y atraviesa la provincia de Oxapampa hasta Pichanaki a través

de la red de transmisión de 60 KV de tensión con una longitud de 23,93 km, consta de dos líneas de transmisión: L-6080 Oxapampa Villa Rica y L-6084 Villca Rica – Pichanaki.

#### 2.1.4. Estadístico Kappa

Denominado también índice de concordancia Kappa ( $\kappa$ ) o Kappa de Cohen, es un estadístico que permite conocer el grado de concordancia o acuerdo entre dos observadores ante un mismo fenómeno (Galindo-Domínguez, 2020). Algunas características de este son: interpretación fácil con valores de 0 a 1, corrige el posible acuerdo debido al azar proporcionando un valor más ajustado, es muy versátil e informativo (Quintanilla et al., 2020).

La fórmula de este estadístico mide la razón entre las concordancias observadas y la concordancia o acuerdo debido al azar (numerador), y la máxima concordancia posible (1 o 100%) y la esperada al azar (denominador)<sup>3</sup>, según se indica a continuación:

$$\kappa = \frac{\text{Pr}(a) - \text{Pr}(e)}{1 - \text{Pr}(e)} \text{ o } \frac{P(o) - P(e)}{1 - P(e)}$$

Donde:

$\text{Pr}(a)$  o  $P(o)$  = *Precisión global*

$\text{Pr}(e)$  o  $P(e)$  = *Proporción esperada*

Álvarez (1996) nos proporciona un cuadro resumen en base a las concordancias en función al índice de Kappa:

#### **Tabla 21**

*Categorías de la concordancia y el valor del estadístico Kappa*

<sup>3</sup> <https://ald analisis.blogspot.com/2019/07/indice-de-concordancia-kappa-o-kappa-de.html>

Concordancia	Valor de Kappa
Excelente	$0.80 < \kappa < 1.00$
Buena	$0.60 < \kappa < 0.80$
Mediana	$0.40 < \kappa < 0.60$
Deficiente	$0.20 < \kappa < 0.40$
Mala	$0.00 < \kappa < 0.20$
Pésima	$< 0.00$

*Nota.* Tomado de: Álvarez (1996)

Además, se indica que por regla general que la concordancia es buena si el valor del índice de Kappa es mayor a 0.60, mientras que es mala si es menor a 0.30.

### 2.1.5. Índice NDVI

El Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (en sus siglas en inglés: NDVI) es uno de los índices más usados para la estimación de la cantidad, calidad y desarrollo de la vegetación, convirtiéndolo en un indicador clave del estado vegetativo y útil en estudios de densidad de cubierta vegetal, siendo utilizado para mostrar la dinámica vegetativa a escala regional y global (Wang et al., 2014). (Rouse et al., 1974) la calculó como el ratio de la diferencia entre la banda Infrarroja Cercana (NIR) y la banda roja (RED), entre la suma de estas dos, de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$NDVI = \frac{(NIR - RED)}{(NIR + RED)}$$

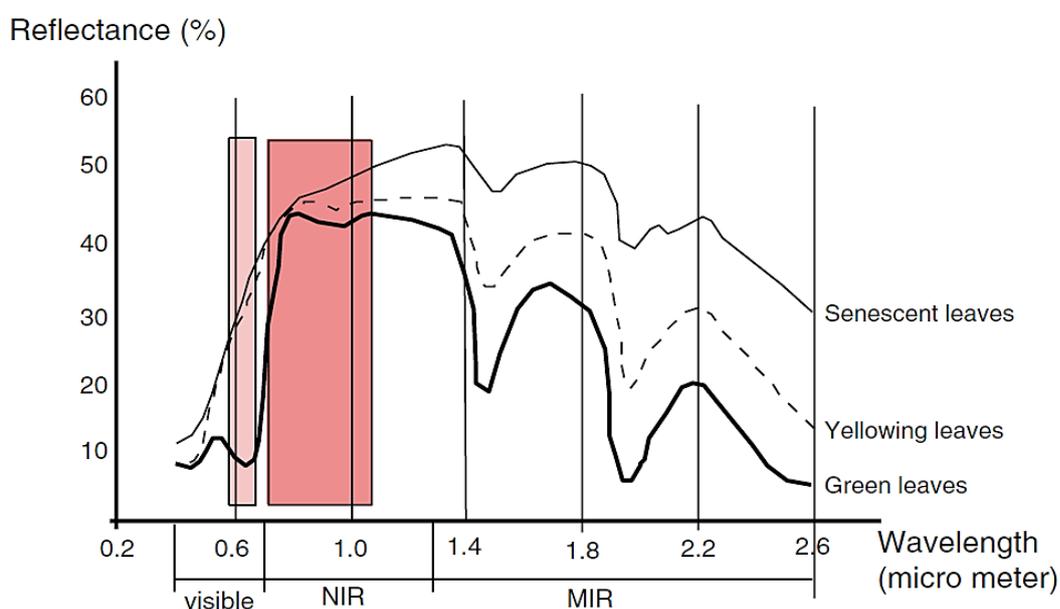
Debido a que la absorción de la energía por parte de la vegetación (especialmente la de buen estado) se produce grandemente en las regiones pertenecientes al azul y al rojo, y en menor proporción (mayor dispersión) correspondientemente a la región verde (de aquí el porqué del color) (Jensen, 2007), los valores de NDVI suelen ser altos (ceranos a 1); mientras que en aquellas superficies donde exista una diferencia significativa entre estos procesos en las

bandas anteriormente mencionadas (como por ejemplo en suelos desnudos, cuerpos de agua, plantas en estado de enfermedad o sequía, etc.), se indicarán valores cercanos al 0, e incluso menores a este. Esto es debido a que este índice responde de manera óptima en el análisis de cambio de biomasa verde, contenido de clorofila y estrés hídrico (Pinzon y Tucker, 2014).

Por tal, se puede deducir que los valores de este índice también se ven afectados por el estado y edad de la vegetación. A continuación, se muestra la variación en la absorción de las diversas bandas por las hojas de las plantas, ocurridas en tres estadios diferentes de desarrollo: hojas verdes (Green leaves), hojas amarillas (Yellow leaves) y hojas en senescencia o envejecimiento (Senescent leaves):

### Figura 20

*Valores de NDVI en función de la edad y/o estado de la vegetación*



*Nota.* Porcentaje de reflectancia según longitud de onda de hojas verdes, amarillas y senescente. Tomado de: Genesis et al. (2015)

Las aplicaciones del índice NDVI son variadas, entre las cuales se incluyen: uso de suelo y cambio de uso de suelo, sequía, desertificación, erosión de suelo, salinización del suelo,

carbono orgánico del suelo, vegetación quemada, conservación y monitoreo de biodiversidad y monitoreo de resiliencia en ecosistemas, como las más importantes (Genesis et al., 2015).

### **2.1.6. Matriz de Confusión**

La matriz de confusión representa un arreglo de filas y columnas (clases de referencia y categorías deducidas respectivamente) que contabiliza los píxeles (en una imagen satelital para efectos del presente trabajo) que se encuentran categorizados como dentro de su propia clase o, en su defecto, en una diferente; y que es contrastado *a posteriori* por medio de comprobaciones en campo, e incluso *a priori* por el conocimiento previo de esta (Rodríguez et al. 2015).

Por ende, esta matriz no solo desglosa la información relativa a los valores o puntos asignados incorrectamente, sino también a las clases a las que fueron categorizadas (calcula los errores de omisión y comisión), lo que conlleva a conocer los conflictos entre categorías durante la clasificación o entrenamiento del modelo (Sobrino et al., 2000).

Al ser la Matriz de Confusión una medida de comprobación y validación entre lo generado por el modelo de clasificación (supervisado o no) de la imagen satelital y la realidad del lugar, es factible poder desarrollar, a partir de esta, una serie de medidas para concluir con dicho proceso de validación, siendo la más sencilla la Fiabilidad global del mapa (Chuvieco, 1995).

### **Figura 21**

*Ejemplificación de matriz de confusión binaria y sus métricas*



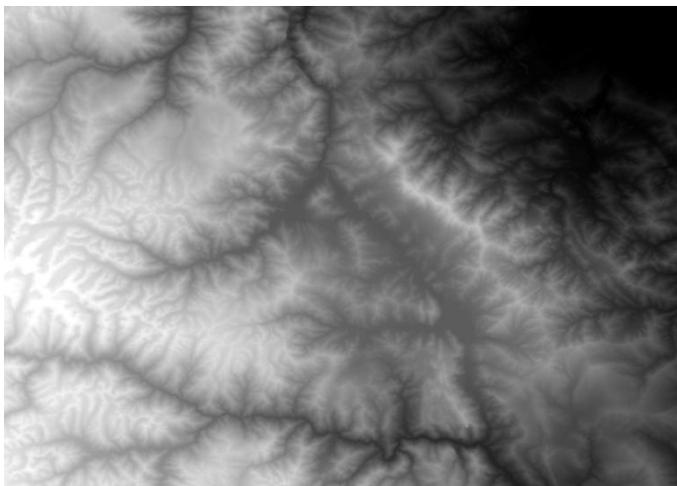
Nota. Tomado de: <https://www.juanbarrios.com/la-matriz-de-confusion-y-sus-metricas/>

### 2.1.7. Modelo de elevación digital (DEM)

Burgos y Salcedo (2014) nos indican que un Modelo Digital de Elevaciones (DEM) utiliza la altitud – o altura sobre un nivel de referencia – como variable escalar para representar un espacio de dos dimensiones, de manera de poder conocer fidedignamente la distribución espacial de un relieve. Esta estructura puede ser representada de manera ráster (valores en celdas regulares) o vectorial (curvas de nivel, etc.), y su utilidad radica principalmente en la resolución a usar (detalle) y exactitud a requerir.

#### Figura 22

*Modelo de elevación digital (DEM)*



### 2.1.8. Teledetección

De manera muy concisa, se puede definir a la teledetección como el proceso de obtención de información de un objeto, fenómeno o superficie sin tener un contacto físico y directo de por medio (Cartes, 2009), mediante el empleo de equipos especiales (sensores) situados habitualmente sobre aviones, plataformas satelitales, (Kemp, 2008) equipos no tripulados u otros afines.

Los elementos y el flujo de procesamiento ordenado que se usa en teledetección para la obtención de la información es el siguiente (Chuvieco, 1995):

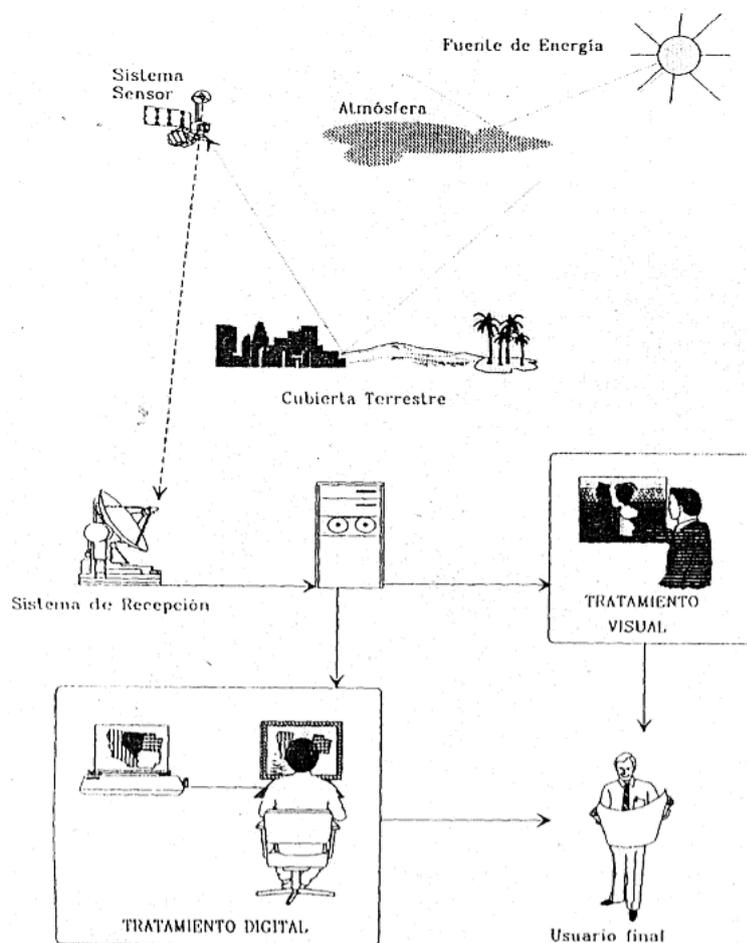
- **Fuente energética:** Originado de la radiación electromagnética que el sensor va a captar, esta puede ser pasiva (como la luz solar), o activa (como un radar, cuando el sensor emite y capta el reflejo).
- **Cubierta terrestre:** Son aquellos rasgos naturales (suelo, lagos, cuerpos rocosos, etc.) o antrópicos (habilitaciones urbanas, vehículos, etc.) que interactúan y reflejan la señal al sensor.
- **Sistema sensor:** Elemento que capta la energía reflejada de la cubierta terrestre, se compone de: el sensor (aquel que capta la información, como una cámara, radar, etc.), y la plataforma que lo alberga (avión, satélite, etc.).
- **Sistema recepción-comercialización:** Se encarga de captar y almacenar apropiadamente la información emitida por el sistema sensor, para poder distribuir al usuario interesado.
- **Intérprete:** Aquel que se encarga de la conversión de la data generada por el sensor en información temática de interés (geografía, catastro urbano y rural, agricultura, ambiental, etc.).

- **Usuario final:** Beneficiario de la información temática final, aquel producto de las técnicas de interpretación previamente realizadas. Generalmente personal encargado de la toma de decisiones.

A continuación, se adjunta gráficamente el flujo de información de la Teledetección anteriormente mencionado:

**Figura 23**

*Componentes y flujo del sistema de teledetección*



*Nota.* Tomado de Chuvieco (1995)

### **2.1.9. Programa satelital Landsat**

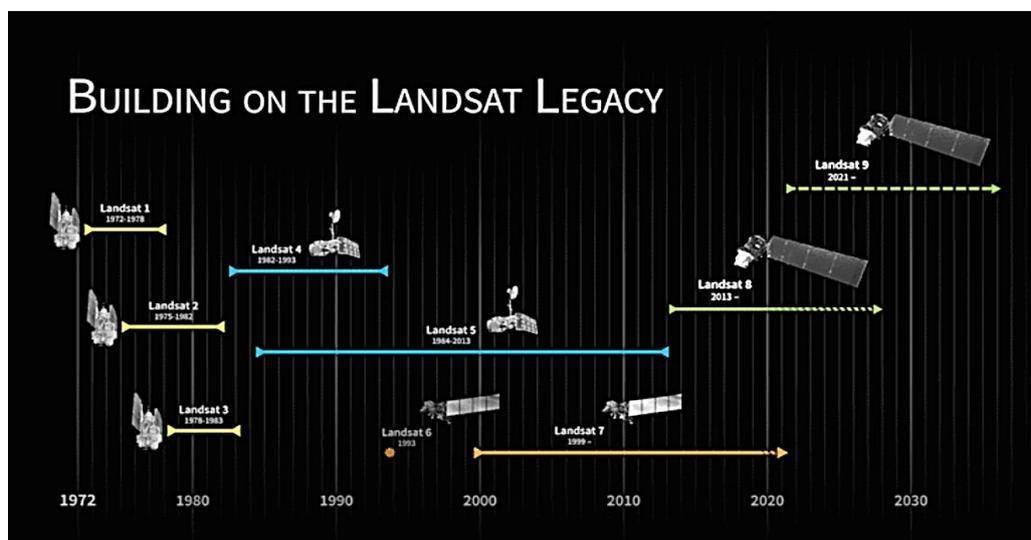
Corresponde a un conjunto de misiones satelitales de observación terrestre administradas por la Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio (NASA) y el

Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS), para con ayuda de la percepción remota o teledetección, beneficiar en la recopilación de información de los recursos naturales del planeta, teniendo aplicaciones en áreas como la agricultura, silvicultura, uso de la tierra, recursos hídricos y exploración de recursos naturales.<sup>4</sup>

El primer lanzamiento fue realizado el 23 de julio de 1972 con el Satélite de Tecnología de Recursos Terrestres (ERTS-1), que pasó a denominarse Landsat 1. Actualmente se han creado como parte del programa los siguientes satélites Landsat: Landsat 1 (1972), Landsat 2 (1975), Landsat 3 (1978), Landsat 4 (1982), Landsat 5 (1984), Landsat 6 (1993 - lanzamiento fallido), Landsat 7 (1999), Landsat 8 (2013) y Landsat 9 (2021); de los cuales solo se encuentran actualmente en órbita y operativos los satélites Landsat 8 y Landsat 9.<sup>5</sup>

## Figura 24

*Línea de tiempo del legado del programa LANDSAT*



Nota. Tomado de <https://landsat.gsfc.nasa.gov/about/landsat-timeline/>

Algunas características técnicas de las bandas de los satélites Landsat 8 y 9:

## Tabla 22

<sup>4</sup> <https://landsat.gsfc.nasa.gov/about/history/>; <https://landsat.gsfc.nasa.gov/about/practical-uses/>  
<sup>5</sup> <https://www.usgs.gov/landsat-missions/landsat-satellite-missions>

*Características de las bandas de los satélites Landsat 8 y 9*

Bandas espectrales	Longitud de onda	Útil para mapeo
Band 1 - Aerosol costero	0.43-0.45	Estudios costeros y de aerosoles
Band 2 - Azul	0.45 - 0.51	Mapeo batimétrico, distinguiendo el suelo de la vegetación y la vegetación caducifolia de la conífera
Band 3 - Verde	0.53-0.59	Destaca la vegetación máxima, que es útil para evaluar el vigor de la planta
Band 4 - Rojo	0.64 - 0.67	Discrimina pendientes de vegetación
Band 5 - Infrarrojo cercano (NIR)	0.85-0.88	Enfatiza el contenido de biomasa y las costas
Band 6 - Infrarrojo de onda corta (SWIR) 1	1.57-1,65	Discrimina el contenido de humedad del suelo y la vegetación; penetra nubes delgadas
Band 7 - Infrarrojo de onda corta (SWIR) 2	2.11-2.29	Contenido de humedad mejorado del suelo y la vegetación; penetra nubes delgadas
Band 8 - Pancromática	0.50- 0.68	Resolución de 15 metros, definición de imagen más nítida
Band 9 - Cirrus	1.36- 1.38	Detección mejorada de contaminación por cirros
Band 10 - TIRS 1	10.60 - 11.19	Resolución de 100 metros, mapeo térmico y humedad estimada del suelo
Band 11 - TIRS 2	11.50-12.51	Resolución de 100 metros, cartografía térmica mejorada y humedad del suelo estimada

*Nota.* Bandas de los satélites Landsat 8 y 9 y sus utilidades. Tomado de:

<https://www.usgs.gov/faqs/what-are-best-landsat-spectral-bands-use-my-research>

### ***2.1.10. Tratamientos de la imagen satelital***

Las imágenes satelitales descargadas representan información “cruda” sin tratamiento alguno, por lo que se deberán de realizar procedimientos complementarios para realizar un

correcto uso de sus datos y la obtención de resultados confiables. De acuerdo con Chuvieco (1995), cualquier imagen satelital presenta alteraciones que hace que no se coincida necesariamente en tono-forma-posición-tamaño-contraste-valores de los objetos que incluye o representa, siendo estos “errores” provenientes de distorsiones en la plataforma, producidas por la rotación terrestre, por el sensor y/o por la atmósfera.

Para efectos del presente trabajo de investigación abordaremos dos tipos de correcciones: radiométrica y atmosférica.

**2.1.10.1. Corrección radiométrica:** Puesto que cada celda en una imagen satelital (pixel del ráster) corresponde a un determinado valor entero captado por el satélite en base a la radiancia del objeto en superficie (también denominado como Nivel Digital o ND), el cual se ve traducido como una celda con un determinado nivel de gris por cada banda del sensor, este usualmente sufre alteraciones producto del mal funcionamiento del mismo, y se realiza el proceso de corrección radiométrica (denominado también como calibración) para poder acercar los niveles reales a los que fueran en una recepción ideal por el satélite, mediante la conversión de dichos ND a valores físicos, como la radiancia espectral (Chuvieco, 1995). La siguiente ecuación es ampliamente usada para el proceso de calibración radiométrica en productos de Nivel L1 (en terreno corregido), de acuerdo a lo indicado por Chander et al. (2009):

$$L_{\lambda} = \left( \frac{LMAX_{\lambda} - LMIN_{\lambda}}{Q_{cal\ max} - Q_{cal\ min}} \right) \times (Q_{cal} - Q_{cal\ min}) + LMIN_{\lambda}$$

Donde:

$L_{\lambda}$  : Radiancia espectral en la apertura del sensor, en  $W / (m^2\ sr\ \mu m)$

$Q_{cal}$  : Valor de píxel calibrado cuantificado [DN]

$Q_{cal\ min}$  : Valor de píxel calibrado cuantificado mínimo correspondiente a  $LMIN_{\lambda}$  [DN]

$Q_{cal\ max}$  : Valor de píxel calibrado cuantificado máximo correspondiente a  $LMAX_{\lambda}$  [DN]

$LMIN_{\lambda}$  : Radiancia espectral en el sensor que está escalada a  $Q_{cal\ min}$  ( $W / (m^2\ sr\ \mu m)$ )

$LMAX_{\lambda}$  : Radiancia espectral en el sensor que está escalada a  $Q_{cal\ max}$  ( $W / (m^2\ sr\ \mu m)$ )

Una vez son obtenidos los valores de radiancia de la imagen en análisis (los cuales serán expresados convenientemente en  $\mu W / (cm^2\ sr\ nm)$ )<sup>6</sup>, se continúa el proceso por medio de la conversión de estos niveles a valores de reflectividad al Tope de la Atmósfera (TOA por sus siglas en inglés) (Chander et al., 2009). Esto significa, calcular la reflectividad aparente en el techo de la atmósfera sin tener en consideración efectos atmosféricos. Esto es calculado mediante la siguiente expresión:

$$\rho_{\lambda} = \frac{\pi \times L_{\lambda} \times d^2}{ESUN_{\lambda} \times \cos(\theta)}$$

Donde:

$\rho_{\lambda}$  : Reflectividad TOA planetaria (sin unidades)

$\pi$  : Constante matemática *pi* (3.14159265)

$L_{\lambda}$  : Radiancia espectral en la apertura del sensor, en  $W / (m^2\ sr\ \mu m)$

$d$  : Distancia de la Tierra al Sol en la toma de imagen (en unidades astronómicas – UA)

$\theta$  : Ángulo solar cenital en la toma de imagen (grados)

$ESUN_{\lambda}$  : Irradiación solar exo-atmosférica media ( $W / (m^2\ \mu m)$ )

---

<sup>6</sup> Según configuración FLAASH para el presente trabajo de investigación, tomado de <https://www.l3harrisgeospatial.com/docs/flaash.html>

**2.1.10.2. Corrección atmosférica:** Este procedimiento posterior a la corrección radiométrica (denominada también calibración radiométrica) tiene por objetivo el de atenuar o remover, en la medida posible, a los efectos atmosféricos captados durante la toma de información por el sensor, los cuales pueden ser la presencia de aerosoles, partículas en suspensión, vapor de agua, entre otros. Esto conlleva a que la radiación que el aparato sensor recibe tenga un porcentaje añadido producto del efecto dispersor atmosférico.

Deducido *a priori*, según Chuvieco (1995) las características atmosféricas de cada imagen satelital varían espacial y temporalmente, lo que hace sea un problema para poder tratar de reducir el impacto de la atmósfera en el aporte de radiación al no existir necesariamente un patrón uniforme (inclusive dentro de una misma imagen, ya que en ocasiones las interferencias son captadas en zonas específicas de esta), por lo que se ve forzosamente necesario realizar un modelo para estimar el efecto atmosférico en base a diversos factores, los que incluye las condiciones propias del lugar de análisis en la fecha de toma de datos por el satélite.

Para el presente trabajo de investigación se optó el uso del modelo de Análisis atmosférico rápido de línea de visión de hipercubos (FLAASH por sus siglas en inglés) incluido dentro del software ENVI 5.3, debido a que este modelo de corrección atmosférica incorpora en sí mismo un código informático validado de transferencia de radiación MODTRAN para la predicción y análisis de mediciones ópticas a través de la atmósfera<sup>7</sup>.

Adicionalmente, el modelo FLAASH aprovecha el hecho de que muchos sensores no tienen información disponible en relación a bandas específicas capaces de calcular la cantidad de vapor atmosférico ni aerosoles-partículas presentes, por lo que cuenta con aproximaciones en valores de vapor según época de captura y latitud, incluyendo un total de seis (06) modelos atmosféricos que aproximan el vapor de agua, así como un total de cuatro (04) modelos para

---

<sup>7</sup> Tomado de: <https://www.spectral.com/our-software/modtran/>

aproximar la dispersión de aerosoles-partículas (Aguilar et al., 2014). De esto se colige que mediante la herramienta FLAASH usada para la corrección atmosférica ayuda en la recuperación de la radiancia intrínseca de los objetos de la imagen satelital en estudio, la cual finalmente proporciona valores de reflectancia para un mejor análisis posterior con los datos.

**2.1.10.3. Corrección geométrica:** También denominada georreferenciación, el cual es la relación geométrica de cada pixel de la imagen satelital utilizada con el punto real de la superficie de la Tierra a la cual corresponde. Esta no supone la alteración radiométrica de los valores de la imagen; sino que, por el contrario, crea una imagen nueva que conserva el valor radiométrico inicial, pero que es adaptada a un Sistema Geodésico de Referencia y una Proyección Cartográfica previamente definida (Pérez y Muñoz, 2006).

Chuvieco (1995) indica que durante los últimos años, esta corrección ha sido preferida en ser realizada durante la fase final del trabajo por dos motivos principales: reduce el tiempo en el tratamiento y aborda la clasificación con valores los originales; sin embargo, es importante recalcar que para otras aplicaciones, como para fines cartográficos en general y específicamente la realización de mosaicos, es preferible su realización previa a otros tratamientos.

### ***2.1.11. Uso actual de la tierra***

El uso actual de tierras puede entenderse de manera concisa como el aprovechamiento hecho al suelo como recurso natural en un momento dado, en aquellas actividades que son realizadas por el hombre para producir, cambiar o mantener dicha superficie (Lara et al., 2002), así como el uso que la vegetación natural dispone por efecto de las características propias del lugar, competencia entre especies y/o etc. (Petite y Medina, 2004). Es de gran importancia

debido a que nos permite conocer, de manera multitemporal, la modificación del ambiente por efecto antrópico.

El Gobierno Regional de Tacna (2013) menciona que el mayor efecto del uso de la tierra desde 1750 ha sido la deforestación (en regiones templadas); sin embargo, de manera reciente los efectos más significativos son: expansión urbana sin control, degradación de los suelos, desertificación y salinización.

Para efectos de categorización del uso actual de la tierra se usará la clasificación establecida por la *World Land Use Surveys (WLUS) Commission* (Unión Geográfica Internacional – UGI) en el año 1949 “*Land-Use Classifications*”, que se subdivide en un total de 9 clases mayores, las cuales se adjuntan a continuación en la siguiente tabla (adjuntado de la National Aeronautics and Space Administration (1978)):

**Tabla 23**

*Categorías de la Unión Geográfica Internacional (UGI) para el uso actual de tierras*

Número	Uso de tierra
1	Asentamientos y tierras no agrícolas asociadas
2	Horticultura
3	Árboles y otros cultivos perennes
	Tierra de cultivo
4	(a) Cultivo continuo y rotacional
	(b) Rotación de tierras
5	Pasto permanente mejorado (gestionados o cerrados)
	Tierras de pastoreo no mejoradas
6	(a) Usada
	(b) No usada
	Bosque
7	(a) Denso

---

Número	Uso de tierra
	(b) Abierto
	(c) Maleza
	(d) Bosque pantanoso
	(e) Áreas forestales taladas o quemadas
	(f) Bosque con cultivo subsidiario
8	Pantanos y marismas (no boscosas)
9	Tierra improductiva

---

*Nota.* Tomado de World Land Use Surveys (1949)

### III.MÉTODO

#### 3.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación es descriptiva, ya que se analizarán imágenes satelitales del distrito de Villa Rica (desde el año 1990 al 2022), y de acuerdo a cada una se describirán sus características presentes de importancia de motivo de la presente investigación.

El enfoque de la presente investigación es cuantitativo, ya que se miden los fenómenos que son de esta naturaleza que analizan la realidad objetiva en cada imagen satelital, como por ejemplo la cantidad de área vegetal, área urbana, etc.

El diseño de la investigación corresponde al de no experimental longitudinal, debido a que el objeto del cual se obtendrán los datos de las variables dependientes (imágenes satelitales) es analizado en diversos momentos a través del tiempo, en frecuencias de cada diez (10) años desde 1990 al 2020.

#### 3.2. Ámbito temporal y espacial

##### 3.2.1. *Ámbito temporal*

El área de estudio (distrito de Villa Rica) será analizado mediante imágenes satelitales que serán recopiladas en intervalos de cada diez (10) años, del periodo 1990 – 2020, los cuales abarcan los años de: 1990, 2000, 2010 y 2020 para imágenes correspondientes, en mayor porcentaje, a la estación seca del lugar: meses entre junio a agosto.

**Nota:** Es importante indicar que el análisis de la estacionalidad elegido en el área de estudio responde directamente a la visibilidad otorgada por la imagen satelital (en cuanto al porcentaje de nubosidad); sin embargo, de ser necesario y para ciertas áreas específicas, fueron tomados recortes de superficies de imágenes satelitales correspondientes al periodo húmedo (setiembre – mayo).

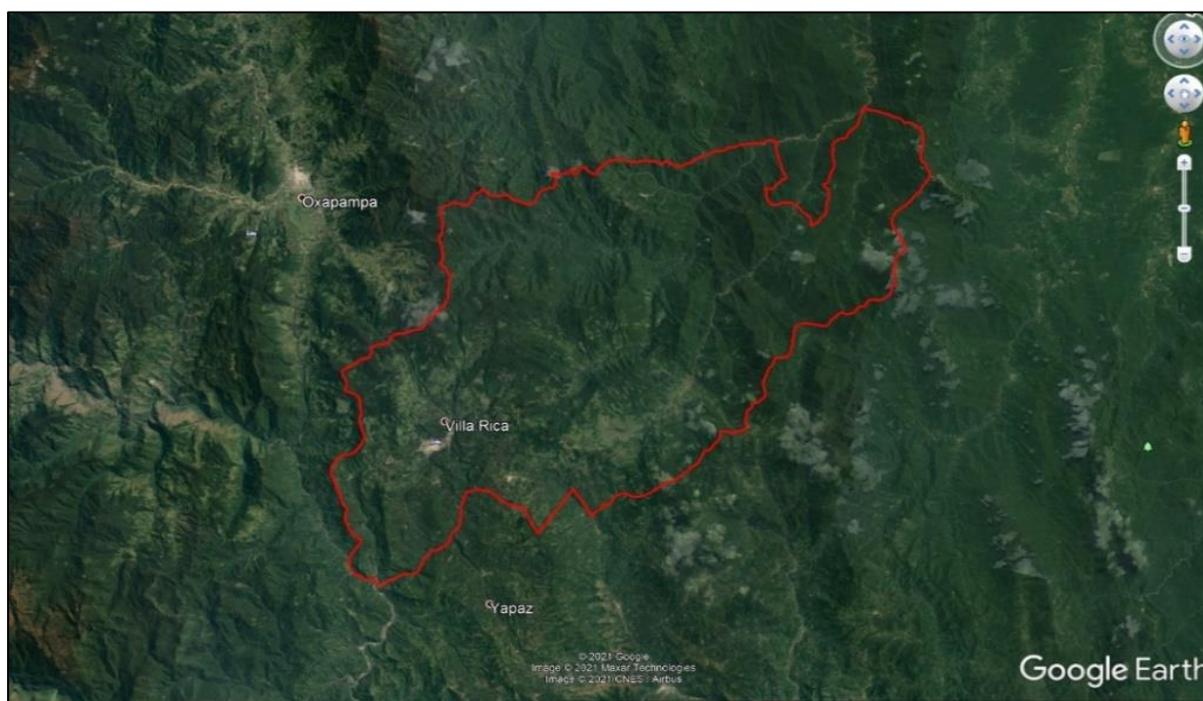
### 3.2.2. *Ámbito espacial*

El lugar de análisis del presente trabajo de investigación es el distrito de Villa Rica, ubicada en la parte central del país: en la provincia de Oxapampa, departamento de Pasco; entre las cuencas Pachitea y Perene, ocupando un área total aproximada de 821.916 Km<sup>2</sup> (82 191.578 Ha) y un perímetro de 169.475 Km.

De acuerdo con su división política, el distrito de Villa Rica se encuentra colindante al distrito de Palcazú al norte; Puerto Bermúdez y Perene al este; San Luis de Shuaro al sur, y Oxapampa al oeste, dentro de la provincia de Oxapampa y colindante al norte de la provincia de Chanchamayo. Las coordenadas de su centroide son 8 824 470 N y 480 762 E, y tiene una altitud media de aproximadamente 1 472 msnm. A continuación, se muestra la delimitación del distrito:

#### **Figura 25**

##### *Ubicación del distrito de Villa Rica*



*Nota.* Visualización espacial del distrito de Villa Rica en color rojo. Tomado de: Google Earth Pro (2020)

### 3.3. Variables

Las variables e indicadores con sus respectivas unidades presentes en el trabajo de investigación son las que se muestran a continuación en las siguientes tablas:

**Tabla 24**

*Variable independiente del trabajo de investigación*

Variable independiente	Indicador	Unidad
Imagen satelital 30 metros LandSAT B4 y B5	Fecha de toma de la imagen satelital	Año de la imagen
Imagen satelital 30 metros LandSAT B1, B2 y B3		

**Tabla 25**

*Primera variable dependiente del trabajo de investigación*

Variable dependiente	Indicador	Unidad
Categorías del uso actual de la tierra	Asentamientos y tierras no agrícolas asociadas	Ha / %
	Bosques	
	Árboles y otros cultivos perennes	
	Tierras improductivas	

**Tabla 26**

*Segunda variable dependiente del trabajo de investigación*

Variable dependiente	Indicador	Unidad
Calidad de la cubierta vegetal	Vegetación altamente densa (áreas con muy alta actividad fotosintética)	Ha / % / Índice NDVI (Sin unidad)
	Vegetación densa (áreas con alta actividad fotosintética)	
	Vegetación moderada (áreas con mediana actividad fotosintética)	

Variable dependiente	Indicador	Unidad
	Vegetación menos moderada (áreas con baja actividad fotosintética)	
	Área con poca vegetación (áreas con muy baja actividad fotosintética)	
	Sin vegetación (áreas sin actividad fotosintética)	

### 3.4. Población y muestra

Al no existir alguna selección estadística de muestras por causa del tipo de investigación (ya que se centra en la totalidad del área de estudio), la población en la presente investigación está definida globalmente por el distrito de Villa Rica.

### 3.5. Instrumentos

Para realizar el trabajo de investigación se requirieron de los siguientes instrumentos:

➤ Aparatos usados:

- **Laptop ASUS Core i7-1065G7:** Para las operaciones de procesamiento de información satelital y cartográfica; redacción y estructuración del trabajo de tesis.
- **Teléfono Samsung A21S:** Para la captura de fotografías en campo con coordenadas UTM WGS 84 – Zona 18 S.

➤ Programas informáticos usados:

- **ArcGIS 10.5:** Para el procesamiento geográfico de la información.
- **ENVI 5.3:** Usado en el tratamiento y procesamiento de imágenes satelitales.
- **Microsoft Visio 2019:** Utilizado para elaborar diagramas de flujo de procesos.
- **Google Earth Pro:** Análisis visual del área de estudio.
- **Microsoft Excel 2019:** Análisis y gráficas de los datos obtenidos.

- **Microsoft Word 2019:** Redacción del trabajo de investigación.
- Plataformas de recolección de datos:
- **Glovis (USGS):** Permitió la descarga de las imágenes satelitales Landsat 5, Landsat 7 y Landsat 8, de resolución espacial de 30 metros para los años de estudio.  
Página web: <https://glovis.usgs.gov/app>
  - **Infraestructura de Datos Espaciales (IDEP):** Permitió la descarga de los archivos .shp (shapefile) de los distritos, provincias y departamentos del Perú.  
Página web: <http://www.idep.gob.pe/>
  - **Alaska Satellite Facility (ASF):** Permitió la descarga de Modelos de Elevación Digital (DEM) para la delimitación de microcuencas y/o quebradas del área de estudio. Página web: <https://search.asf.alaska.edu/>
- Imágenes satelitales empleadas:

**Tabla 27***Imágenes satelitales Landsat 5, 7, 8 y 9 utilizadas en el trabajo de investigación*

Análisis multitemporal 1990 – 2020					
N°	Satélite	Sensor	Path / Row	Fecha de toma	Año de análisis
1	Landsat 5	TM	006 / 067	1989-06-23	1990
2	Landsat 5	TM	006 / 068	1989-06-23	1990
3	Landsat 5	TM	006 / 067	1990-05-25	1990
4	Landsat 5	TM	006 / 068	1990-08-13	1990
5	Landsat 5	TM	006 / 068	1990-05-25	1990
6	Landsat 5	TM	006 / 067	1990-08-13	1990
7	Landsat 5	TM	006 / 067	1991-08-16	1990
8	Landsat 5	TM	006 / 067	1989-11-30	1990
9	Landsat 7	ETM	006 / 067	2000-04-10	2000
10	Landsat 7	ETM	006 / 067	2000-08-16	2000
11	Landsat 7	ETM	006 / 068	2000-01-21	2000
12	Landsat 7	ETM	006 / 068	2000-08-16	2000
13	Landsat 7	ETM	007 / 067	2000-07-06	2000
14	Landsat 5	TM	006 / 067	1999-11-26	2000
15	Landsat 5	TM	006 / 067	1999-10-09	2000
16	Landsat 7	ETM	006 / 067	1999-08-30	2000
17	Landsat 5	TM	006 / 067	2001-06-24	2000

Análisis multitemporal 1990 – 2020					
N°	Satélite	Sensor	Path / Row	Fecha de toma	Año de análisis
18	Landsat 5	TM	006 / 067	1998-07-02	2000
19	Landsat 7	ETM	006 / 067	2001-08-19	2000
20	Landsat 5	TM	006 / 067	2010-05-16	2010
21	Landsat 5	TM	006 / 067	2010-08-20	2010
22	Landsat 5	TM	006 / 067	2010-07-03	2010
23	Landsat 5	TM	007 / 067	2010-08-11	2010
24	Landsat 5	TM	006 / 068	2010-05-16	2010
25	Landsat 5	TM	006 / 068	2010-06-17	2010
26	Landsat 7	ETM	006 / 067	2010-08-12	2010
27	Landsat 5	TM	006 / 067	2009-10-20	2010
28	Landsat 5	TM	006 / 067	2009-05-13	2010
29	Landsat 5	TM	006 / 067	2010-09-21	2010
30	Landsat 5	TM	006 / 067	2009-06-14	2010
31	Landsat 5	TM	006 / 067	2008-10-17	2010
32	Landsat 8	OLI_TIRS	006 / 067	2020-05-27	2020
33	Landsat 8	OLI_TIRS	006 / 067	2019-11-17	2020
34	Landsat 8	OLI_TIRS	006 / 067	2019-08-29	2020
35	Landsat 8	OLI_TIRS	006 / 067	2018-08-26	2020

**Tabla 28**

*Imágenes satelitales utilizadas en el trabajo de investigación para verificación de resultados*

Análisis de contraste 2022					
N°	Satélite	Sensor	Path / Row	Fecha de toma	Año de análisis
1	Landsat 8	OLI_TIRS	006 / 067	2022-08-21	2022
2	Landsat 9	OLI_TIRS	006 / 067	2022-06-10	2022
3	Landsat 9	OLI_TIRS	006 / 067	2022-06-26	2022
4	Landsat 9	OLI_TIRS	006 / 067	2022-07-28	2022
5	Landsat 8	OLI_TIRS	007 / 067	2022-04-22	2022
6	Landsat 9	OLI_TIRS	006 / 067	2022-02-18	2022

Cabe resaltar que, si bien es cierto se usaron imágenes satelitales correspondientes a años contiguos diferentes a los analizados (1990, 2000, 2010, 2020 y 2022), estos fueron forzosamente utilizados debido a que las condiciones de nubosidad remanentes y presentes durante la toma de la imagen satelital para el año de análisis correspondiente, posterior a las correcciones previamente realizadas, **no permitía** la obtención de un único mosaico lo

suficientemente limpio para su correcto procesamiento; por lo que, se hizo el recorte y superposición de fragmentos de menor tamaño a la imagen del año en cuestión con menor nubosidad existente, con el fin de obtener una imagen “limpia” y “representativa” del año en cuestión (más detalle es explicado en la sección **3.6 Procedimientos**). Este proceso puede considerarse correcto y válido si se tiene en cuenta que los periodos de análisis considerados en el presente trabajo de investigación son de un (01) año entero, el cual es representativo en promedio y aproximado (no discrimina estaciones del año, periodos de crecida o estiaje, u otros de similar naturaleza), no diferencia entidades específicas (no es un estudio de carácter específico, por lo que no se realiza el análisis de cultivos o especies vegetales particulares).

Así mismo, se hace especial énfasis en indicar que la presente investigación no tiene la finalidad de reflejar una total fiabilidad en sus resultados, esto es debidamente a diversos factores, como la resolución del sensor usado (áreas menores a 30 metros de largo que presenten cambios no podrán ser correctamente detectados por la resolución de pixel), por lo que el estudio se torna de carácter más general (escala distrital); debido a la estacionalidad de las imágenes (variaciones ocurridas en la cobertura vegetal en cada imagen satelital); la nubosidad existente debido a las condiciones de humedad del lugar; así también, debido a que la mayor parte de las áreas “superpuestas” entre imágenes satelitales (que fueron recortadas y pegadas en la imagen satelital principal del año de análisis) corresponden a zonas con menor probabilidad de modificación o depredación (área boscosa correspondiente a la Zona de Amortiguamiento del Parque Nacional Yanachaga-Chemillén, y el Bosque de Protección San Matías-San Carlos con su Zona de Amortiguamiento respectiva).

### 3.6. Procedimientos

#### 3.6.1. Pre-procesamiento de imágenes satelitales

Se realizará inicialmente la descarga de las imágenes satelitales y de los Modelos de Elevación Digital (DEM) del área de estudio a través del portal <https://glovis.usgs.gov/app> y <https://search.asf.alaska.edu/#/> respectivamente. Para el estudio, como el distrito de Villa Rica no se ubica dentro de una misma imagen satelital, se descargaron dos imágenes diferentes (o más) para completar el territorio a estudiar en un año en concreto; de igual manera para el Modelos de Elevación Digital (DEM), siendo descargados para la creación de un mosaico.

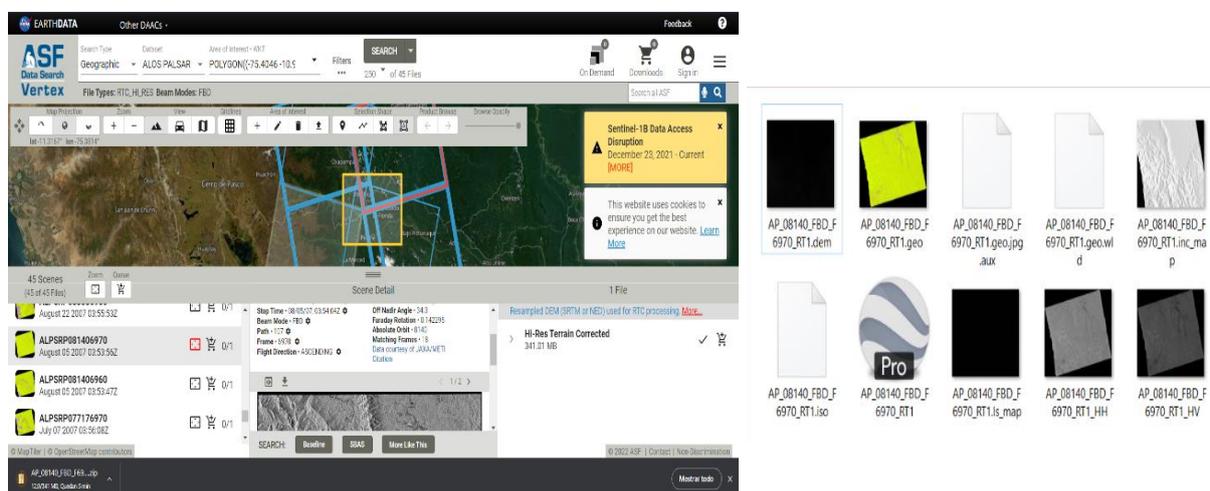
**Figura 26**

*Descarga y almacenamiento de imágenes satelitales del portal GLOVIS*



**Figura 27**

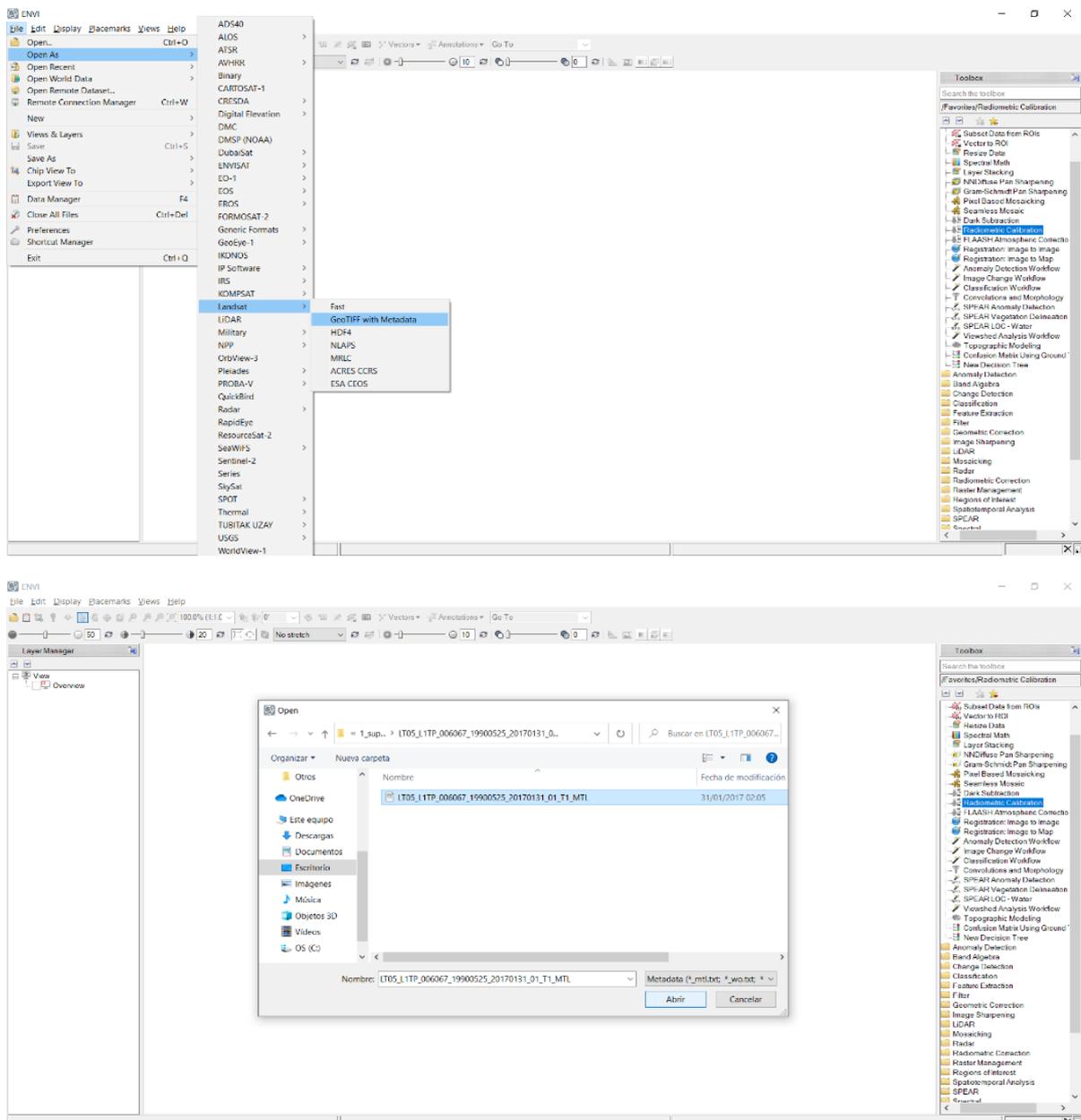
*Descarga y almacenamiento de los Modelos de Elevación Digital (DEM) del portal ASF*



Una vez realizada la descarga del DEM y las imágenes satelitales Landsat para los años de estudio 1990, 2000, 2010 y 2020, estas últimas fueron recortadas y pre-procesadas realizando las correcciones radiométrica y posteriormente la atmosférica, con el uso del software ENVI 5.3. Para realizar la primera corrección, realizamos la apertura de la imagen satelital Landsat a partir de su archivo Metadata (archivo de extensión .txt) con la opción “GeoTIFF with Metadata”, de la siguiente manera:

**Figura 28**

*Apertura de imágenes satelitales Landsat en el software ENVI 5.3 (1)*

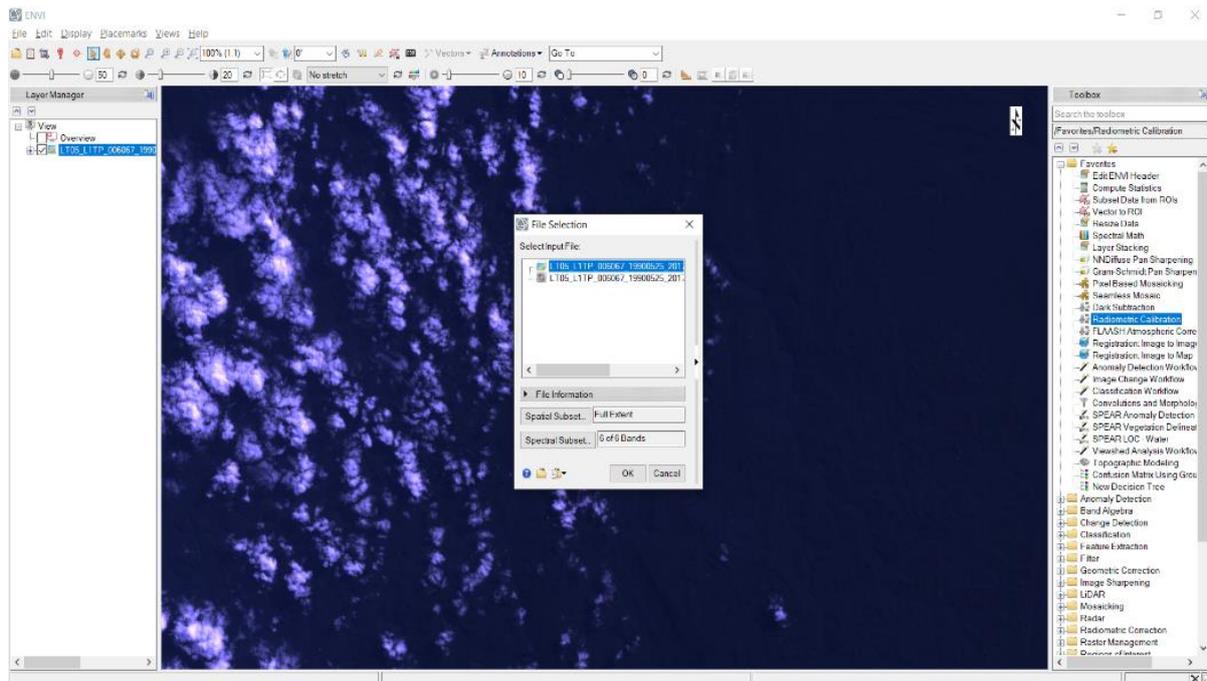


*Nota.* Apertura de imágenes Landsat a partir de GeoTiff.

Una vez realizado lo anterior, la corrección radiométrica de las imágenes satelitales se realizó con ayuda de la herramienta “*Radiometric calibration*”, aplicando la configuración de Análisis atmosférico rápido de línea de visión de hipercubos FLAASH (Fast Line-of-sight Atmospheric Analysis of Hypercubes por sus siglas en inglés) por defecto del programa (creando una imagen con una apropiada luminosidad), usando las características: intercalación BIL (banda intercalada por línea), tipo de datos flotante y una escala con factor de 0.1:

## Figura 29

*Corrección radiométrica de imágenes satelitales en el software ENVI 5.3 (1)*

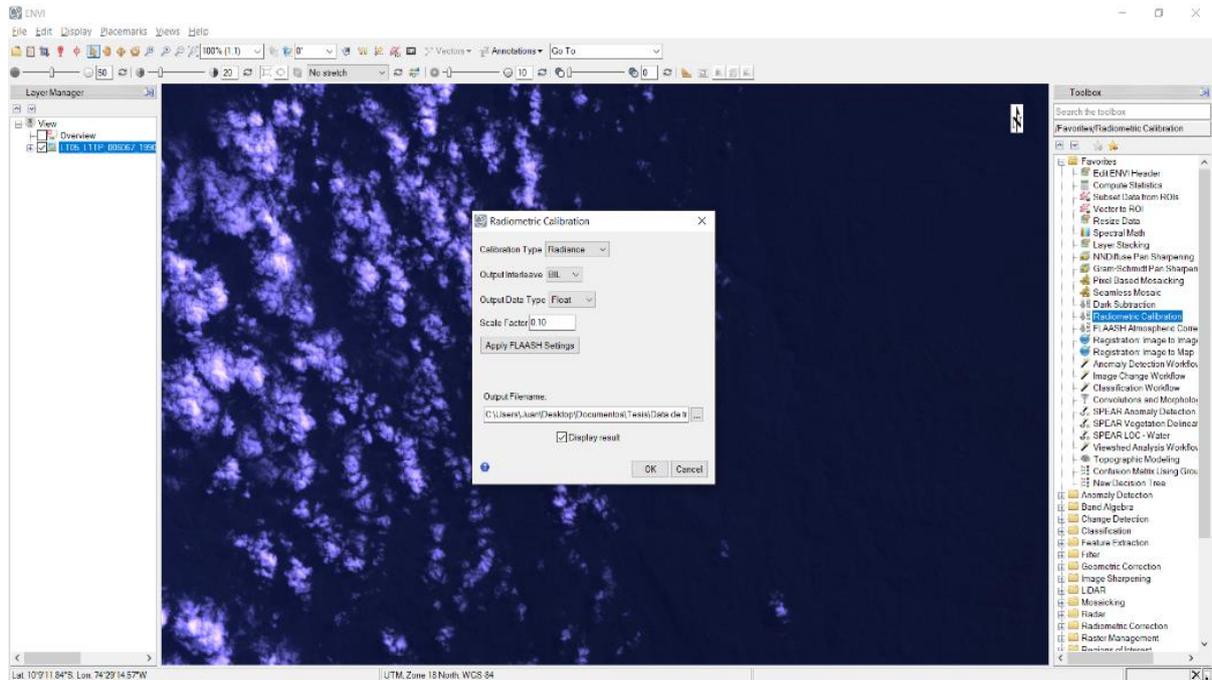


Cabe resaltar que esta configuración es la recomendada por el programa ENVI 5.3 para la consecuente corrección atmosférica de la imagen satelital. En el presente trabajo de investigación fue usada dicha configuración debido a que este modelo de corrección atmosférica incorpora en sí mismo un código informático validado de transferencia de radiación MODTRAN para la predicción y análisis de mediciones ópticas a través de la

atmósfera (más información ver página web: <https://www.spectral.com/our-software/modtran/>).

**Figura 30**

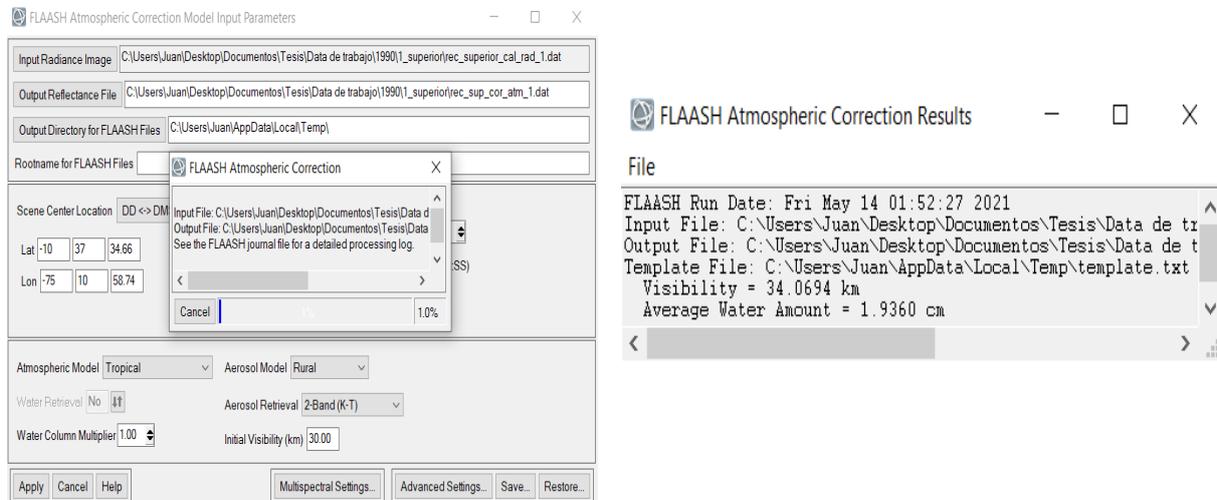
*Corrección radiométrica de imágenes satelitales en el software ENVI 5.3 (2)*



Una vez se trataron radiométricamente las imágenes satelitales, estas fueron corregidas atmosféricamente usando la herramienta “*FLAASH Atmospheric Correction*” (de acuerdo al proceso previamente realizado) para reducir los efectos atmosféricos captados durante la toma de información por el sensor, los cuales pueden ser la presencia de aerosoles, partículas en suspensión, vapor de agua, entre otros.

Para tal, se agregaron algunos de los datos ubicados dentro del archivo METADATA (archivo de texto de extensión .txt) de cada imagen satelital original descargada, y se procedió a ejecutar la corrección atmosférica de la misma. Posteriormente culminado el proceso de corrección, estas imágenes fueron recortadas en función del área de estudio (aún con la distancia buffer de 100 metros del distrito de Villa Rica para evitar pérdida de datos) de tal



**Figura 33***Corrección atmosférica de imágenes satelitales en el software ENVI 5.3 (3)*

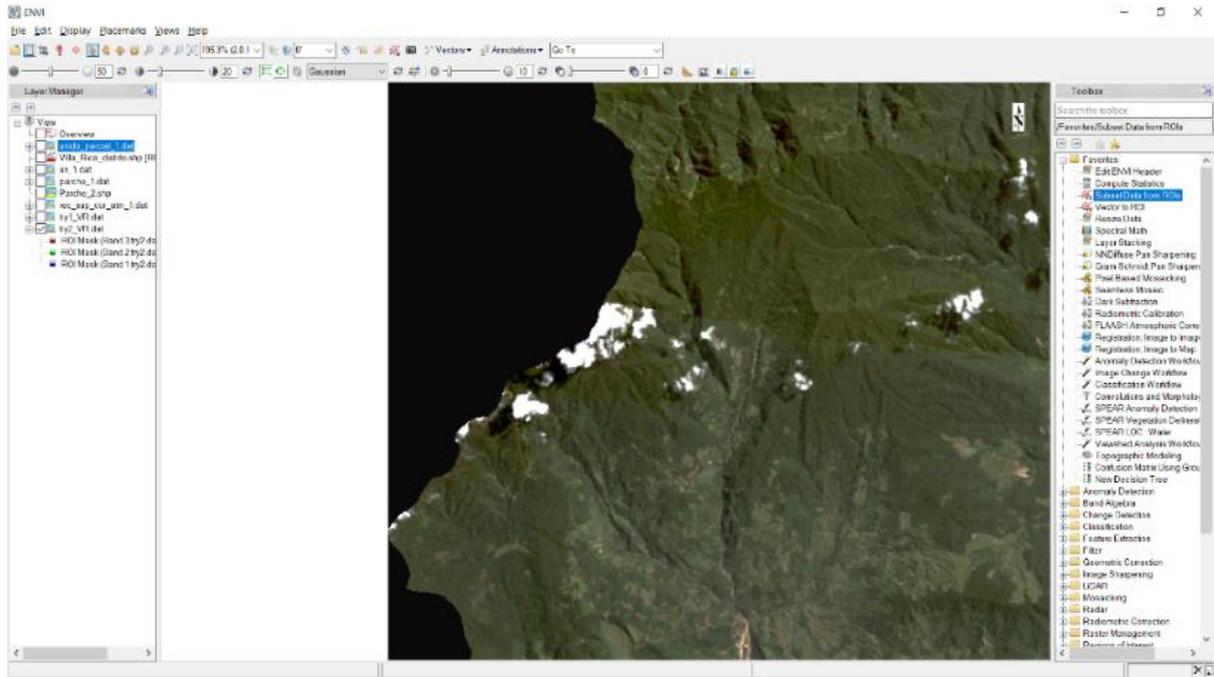
**Observación:** Cabe resaltar además que las imágenes LandsAT 5, 7 y 8 descargadas pertenecen al nivel de procesamiento de Corrección de Precisión del Terreno L1TP (Terrain Precision Correction), por lo que las imágenes se encuentran previamente ortorrectificadas utilizando puntos de control terrestre (o Control Ground Points – CGP) y datos de Modelos de Elevación Digital (Digital Elevation Model - DEM) para corregir el desplazamiento del terreno (United States Geological Survey, s.f.). Sin embargo, al obtener el producto final (imagen satelital) para cada año analizado, estas eran contrastados con puntos GPS tomados en campo (*in situ*) para reducir al mínimo posible los efectos del desplazamiento.

Posteriormente a las correcciones realizadas, y debido a que algunas de las imágenes satelitales del área de estudio presentaban nubosidad o algún otro elemento extraño claramente visible, se les realizaba un procedimiento de empalme con imágenes satelitales del mismo año (o, de ser estrictamente necesario, fechas bastante cercanas) de manera que se generara una nueva imagen satelital con una mínima cantidad de interferencias posibles, lo que conllevaba a un resultado más confiable para poder cuantificar. Esto se realizaba con la herramienta llamada “*Seamless Mosaic*” del software ENVI 5.3. Esto nos permitió realizar mejoras considerables de la manera mostrada a continuación:

Antes del recorte del área:

**Figura 34**

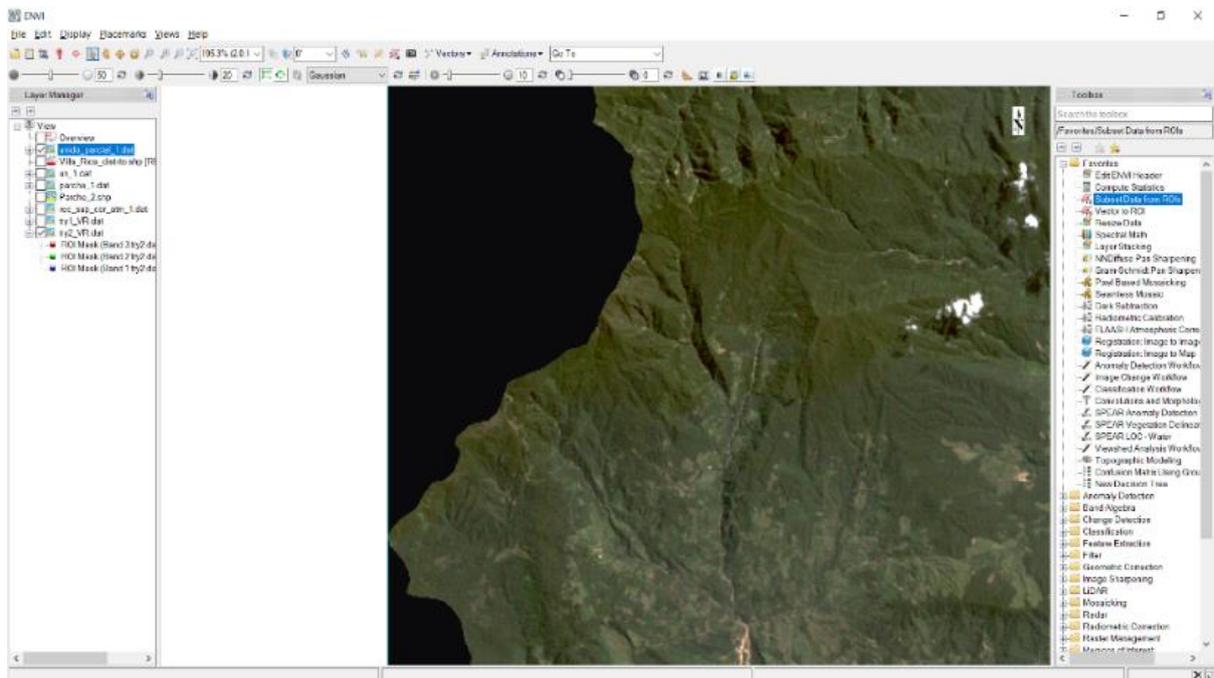
*Recorte y empalme de imágenes satelitales del lugar de estudio*



Después del recorte del área:

**Figura 35**

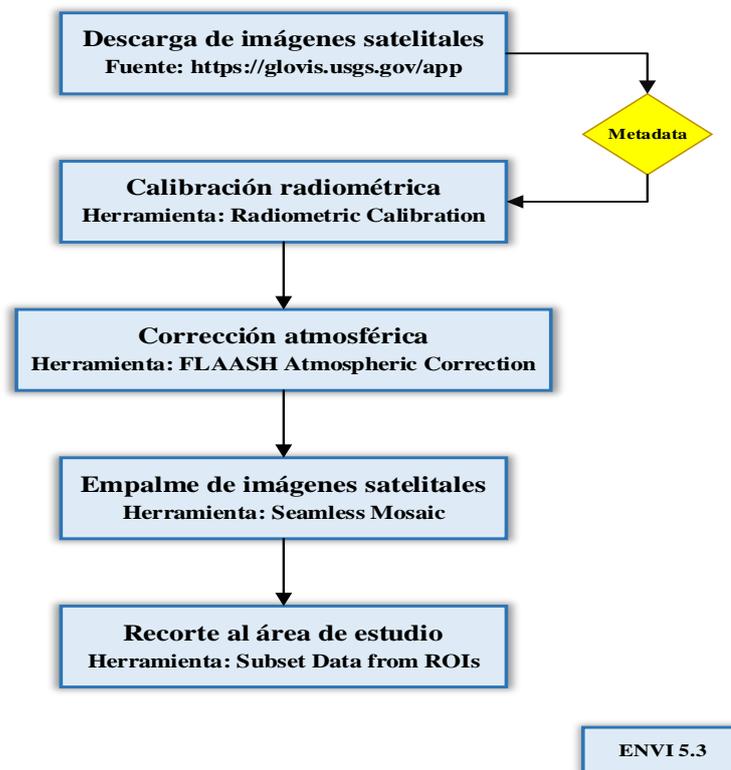
*Empalme de imágenes satelitales del lugar de estudio*



Posteriormente, estas imágenes eran recortadas con el área real del distrito Villa Rica, usando la herramienta “*Subset data from ROI's*” del software ENVI 5.3. El flujo de preprocesamiento realizado a las imágenes satelitales Landsat 5, 7 y 8 se puede resumir en el siguiente diagrama:

**Figura 36**

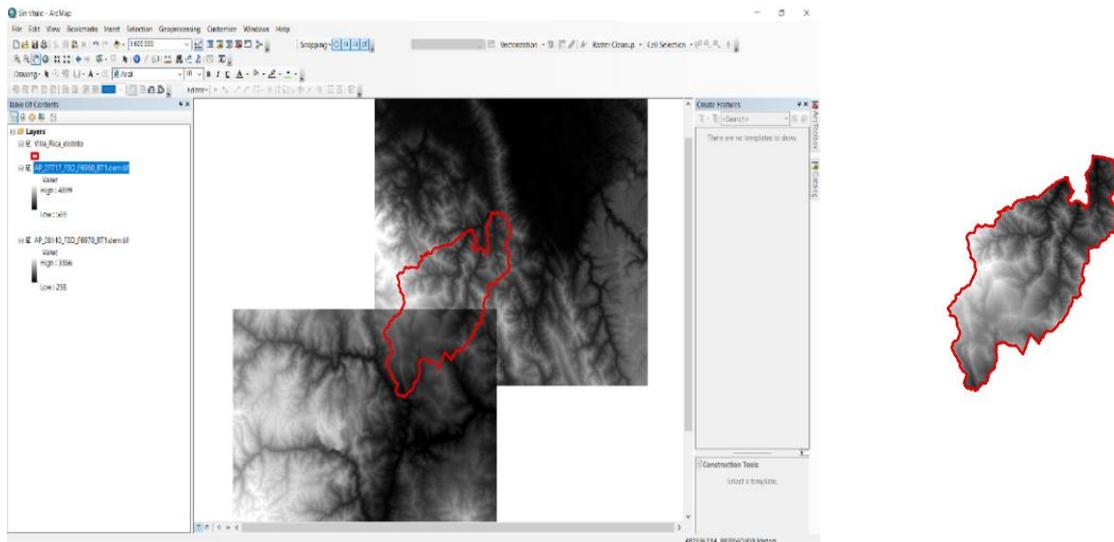
*Diagrama de flujo para el preprocesamiento de imágenes satelitales*



Por otro lado, para un apoyo en la visualización de los mapas, se procedió con la creación del mosaico de Modelo de Elevación Digital (DEM) del área de estudio. Una vez descargados los archivos, se hizo su unión en el software ArcGIS 10.5 mediante la herramienta “*Mosaic to New Raster*”, y su posterior corte en base al archivo Shapefile original (con un área buffer de 150 metros para evitar la pérdida de datos) con la herramienta “*Extract by mask*”.

**Figura 37**

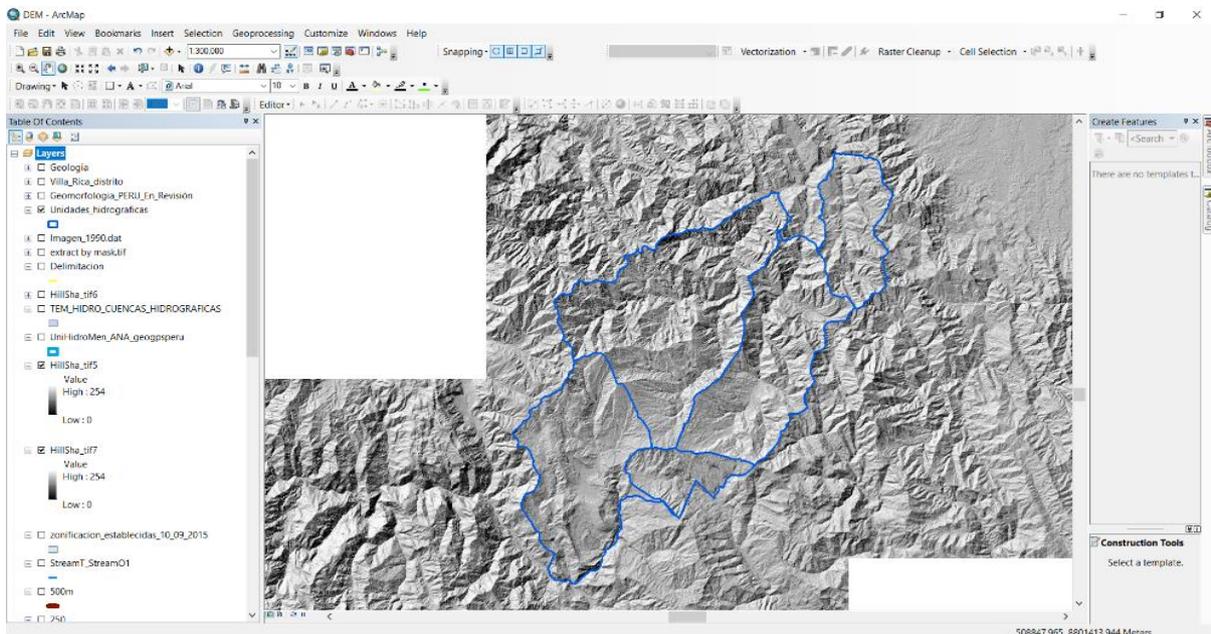
*Creación de mosaico y extracción del DEM según área de estudio*



Se utilizó la herramienta “*Hillshade*” del ArcGIS 10.5, el cual nos proporcionó una mejora visual considerable en cuanto a los límites geográficos y altitudinales del distrito, debido a la función de sombreado realizada por el programa.

**Figura 38**

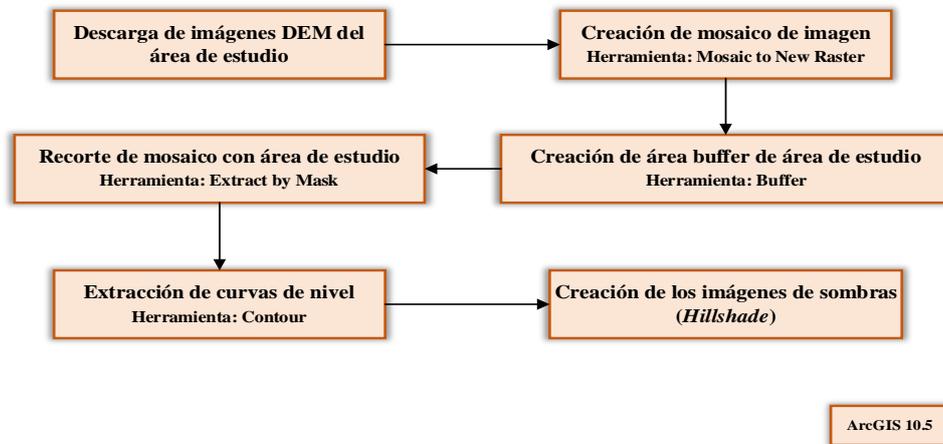
*Representación del mapa de sombras o “Hillshade”*



En resumen, el flujo de procesamiento realizado para la obtención de las imágenes de sombras a partir de los Modelo de Elevación Digital (DEM) del distrito de Villa Rica se puede resumir en el siguiente diagrama mostrado en la figura 39:

**Figura 39**

*Diagrama de flujo para el procesamiento de Modelos de Elevación Digital (DEM)*



### 3.6.2. Procesamiento de imágenes satelitales

#### 3.6.2.1. Cálculo del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada

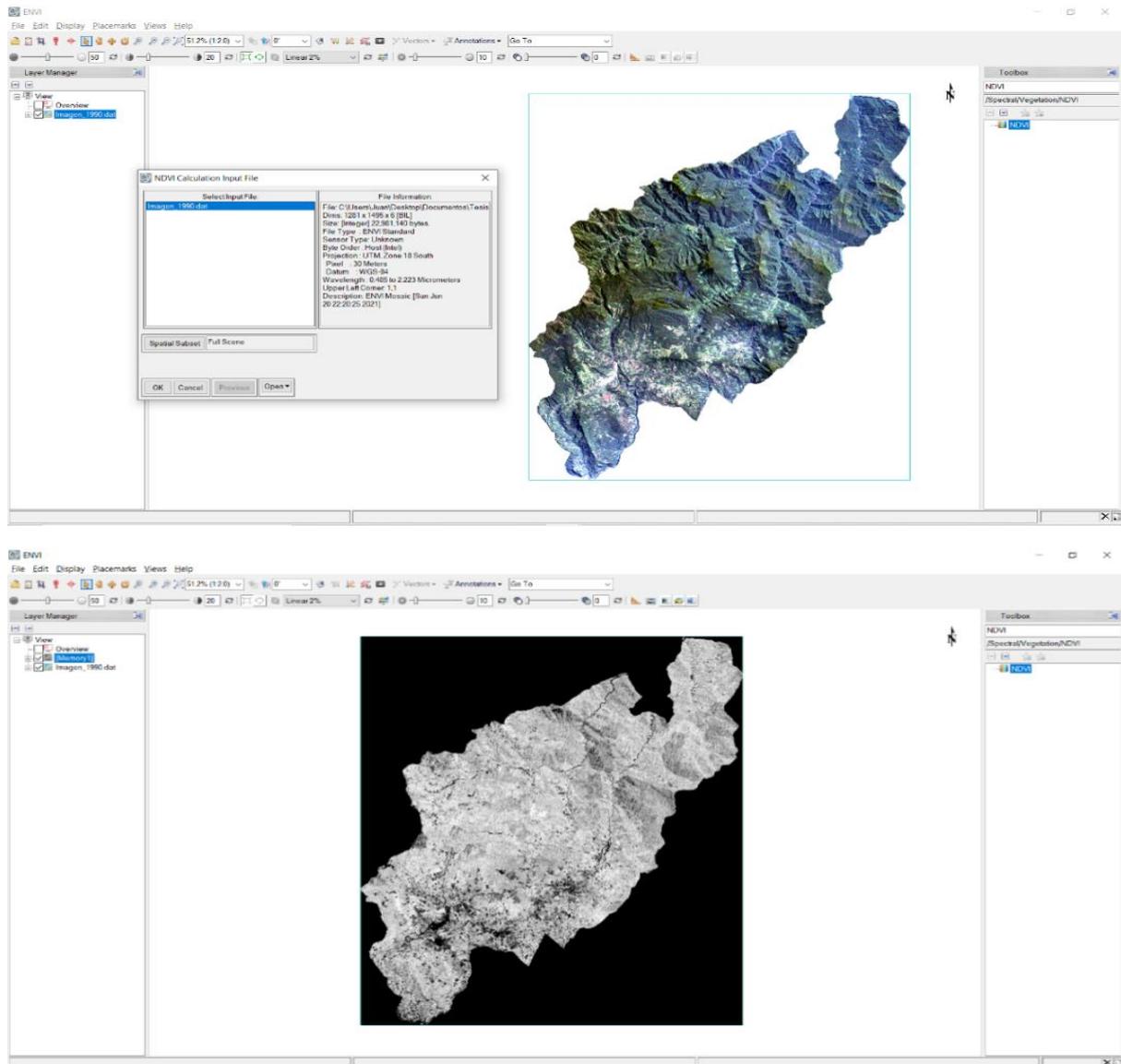
**(NDVI):** Fue realizado con el empleo del software ENVI 5.3 y el uso de la herramienta “*NDVI*”, que nos permitió calcular la calidad de la cubierta vegetal de cada imagen satelital previamente corregida, a partir de las bandas roja e infrarroja existentes, clasificándolas estratégicamente en las siguientes categorías: áreas sin actividad fotosintética, áreas con muy baja actividad fotosintética, áreas con baja actividad fotosintética, áreas con mediana actividad fotosintética, áreas con alta actividad fotosintética y áreas con muy alta actividad fotosintética, de acuerdo a los valores establecidos en la Tabla N° 29.

Cabe resaltar que para este paso aún se deberá de recortar el área obtenida hasta ahora (buffer) del distrito de Villa Rica, con la finalidad de no perder datos cuando se realice el recorte final.

Cabe resaltar que para este paso aún se deberá de recortar el área obtenida hasta ahora (buffer) del distrito de Villa Rica, con la finalidad de no perder datos cuando se realice el recorte final (cuando los datos se tengan en formado vectorial y no ráster).

**Figura 40**

*Procedimiento para el cálculo del Índice NDVI*



Una vez creadas las imágenes del índice NDVI para el área de estudio, estas se exportarán al software ArcGIS 10.5 donde con ayuda de la herramienta “*Reclassify*” de la caja de herramientas (ToolBox) se reclasificaban tomando de referencia inicial a la combinación de las clasificaciones empleadas por Zaitunah et al. (2018) y Rizvi et al. (2009), la cual fue adaptada de acuerdo a la zona de estudio (únicamente en torno a lo visualizado satelitalmente para la categoría correspondiente a “*Vegetación altamente densa*”), resultando en las siguientes categorías de la calidad de la cubierta vegetal:

**Tabla 29**

*Categorías referenciales de calidad de la cubierta vegetal propuestas en el área de estudio*

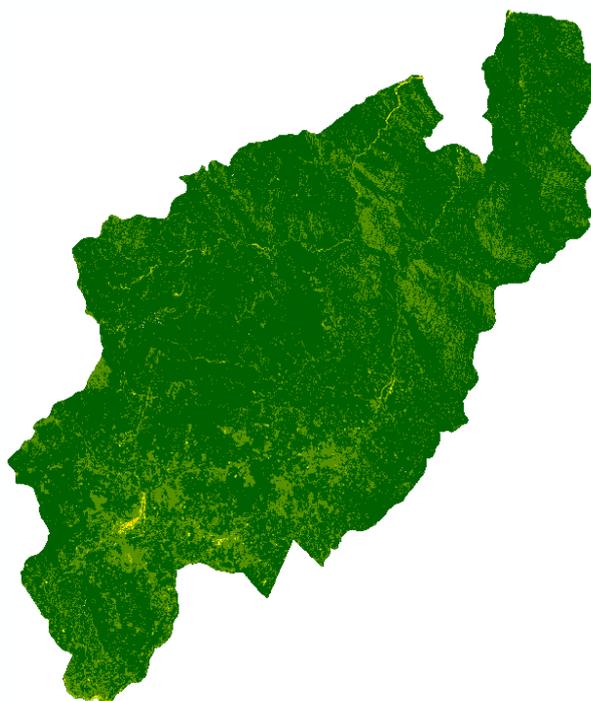
Categorías de NDVI	Valor mínimo	Valor máximo	Color establecido
Vegetación altamente densa o con muy alta actividad fotosintética	0.7900*	1.00	
Vegetación densa o con alta actividad fotosintética	0.5107	0.7900*	
Vegetación moderada o con mediana actividad fotosintética	0.3704	0.5107	
Vegetación menos moderada o con baja actividad fotosintética	0.2058	0.3704	
Área con poca vegetación o con muy baja actividad fotosintética	0.0557	0.2058	
Sin vegetación o sin actividad fotosintética	0.0000	0.0557	

*Nota.* Categorías de NDVI. Fuente: Adaptado de Zaitunah et al. (2018) y Rizvi et al. (2009)

\* Para el año 1990 y 2000 (0.7900), para el año 2010 (0.7600), para el año 2020 (0.8300) y para el 2022 (0.8205).

**Figura 41**

*Ilustración del resultado del Índice NDVI para el área de estudio en el año 1990*

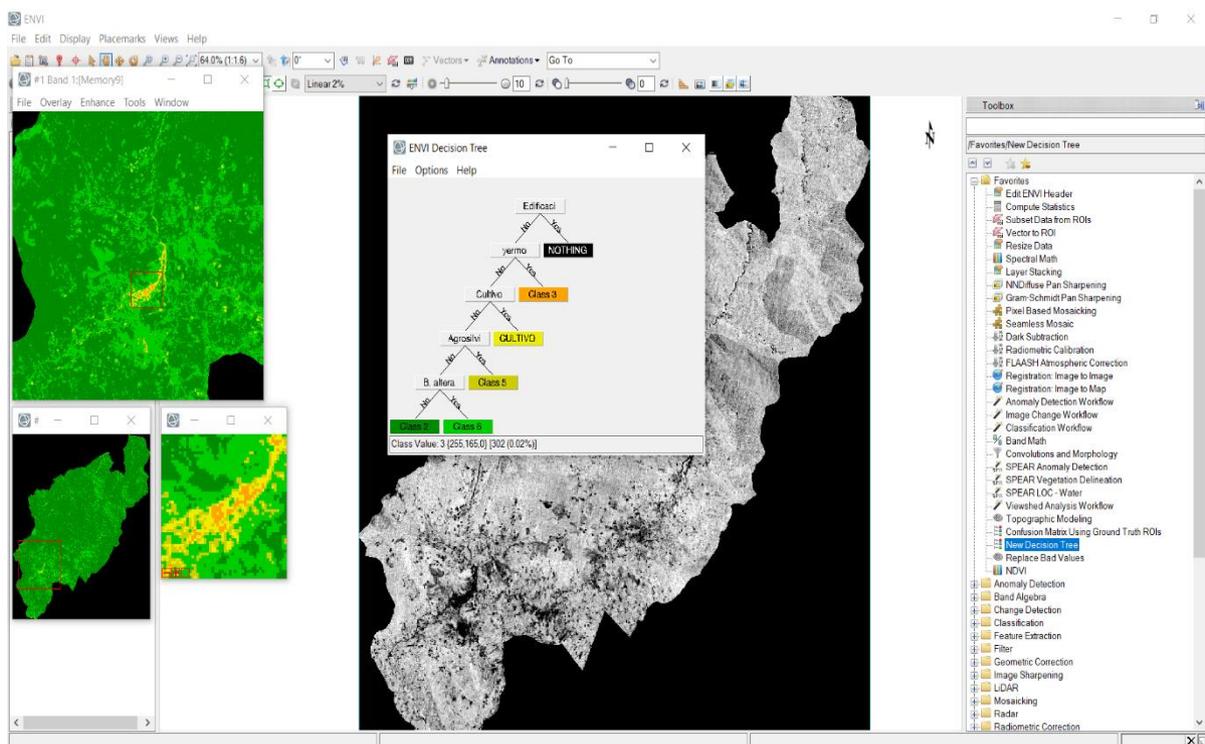


Estos mapas de Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) correspondientes para cada año de evaluación (1990, 2000, 2010 y 2020) se pueden encontrar en los **Anexos** del presente trabajo de investigación. Así también, se podrán encontrar la imagen correspondiente al procesamiento del año 2022 del satélite Landsat 9.

Cabe resaltar que es también posible la reclasificación de las categorías de NDVI en el software ENVI 5.3 mediante el empleo de la herramienta “Árbol de decisiones”, tal cual se muestra en la siguiente imagen (el resultado obtenido es el mismo):

**Figura 42**

*Reclasificación usando el “Árbol de decisiones” en ENVI 5.3*



Una vez se tuvieron las imágenes del índice NDVI limpias y libres de interferencias en el ambiente (correcciones radiométrica y atmosférica), se procedió a obtener las estadísticas de cada imagen mediante un modelo (*Model Builder*) en un archivo Toolbox (.tbx), el cual contenía los siguientes procedimientos: Extracción por máscara al área de estudio (del distrito de Villa Rica sin la superficie buffer), conversión de formato ráster a punto (vectorial),

extracción de valores a puntos según la imagen correspondiente al NDVI del año de estudio, la exportación de atributos a formato ASCII, y finalmente se convertiría este a formato texto (.txt) para su apertura en el programa Microsoft Excel 2019. A continuación se muestran imágenes de los procedimientos antes mencionados:

**Figura 43**

*Model Builder y su ejecución para la obtención de resultados en ArcGIS 10.5*

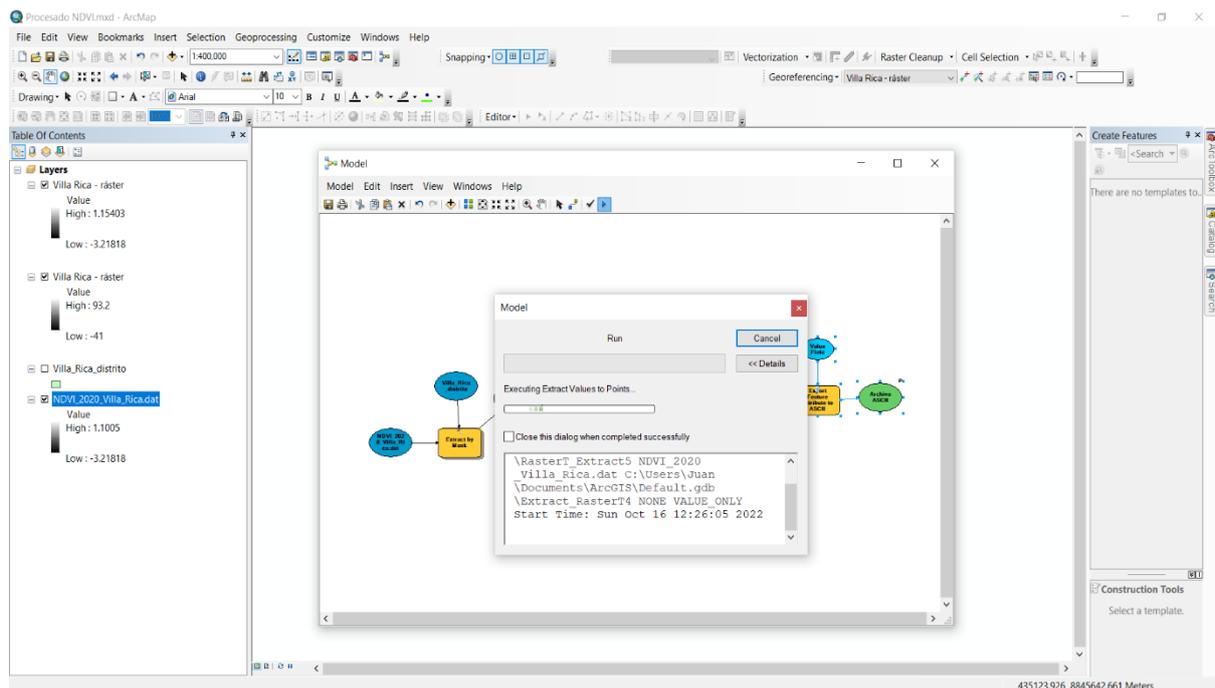
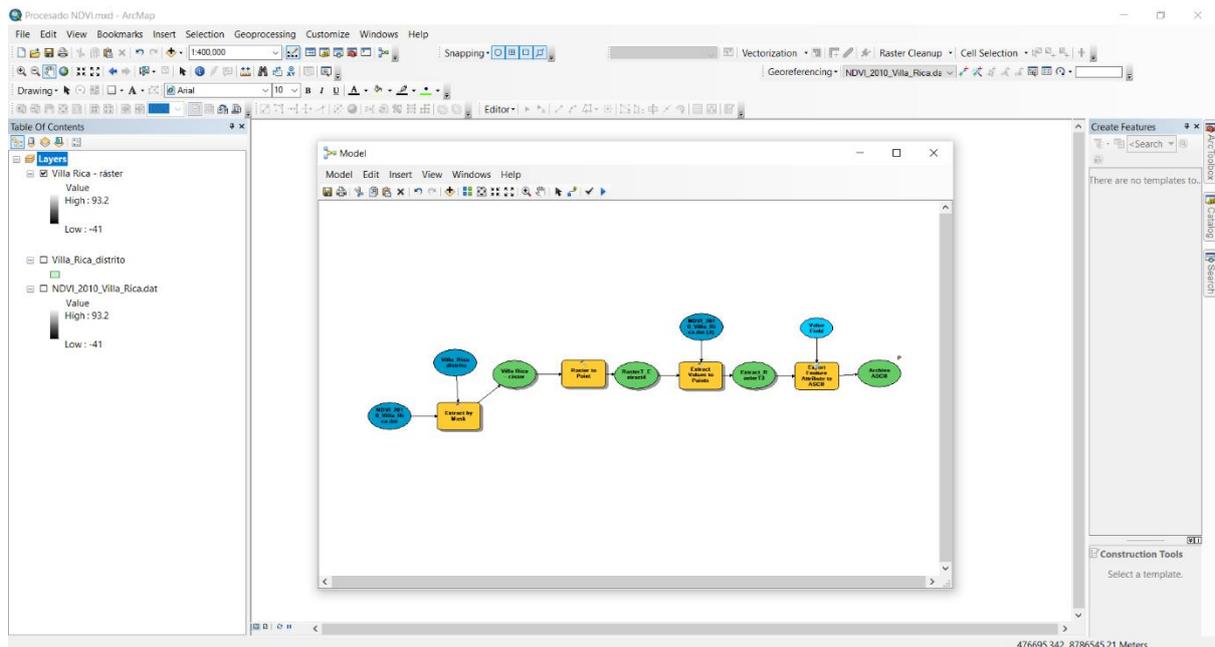


Figura 44

## Resultados obtenidos y agrupados del NDVI en Microsoft Excel 2019

NDVI < 0 (NO CLASIFICADO)			0 <= NDVI < 0.0557			0.0557 <= NDVI < 0.2058			0.2058 <= NDVI < 0.3704			0.3704 <= NDVI < 0.5203	
COORD. X	COORD. Y	VALOR	COORD. X	COORD. Y	VALOR	COORD. X	COORD. Y	VALOR	COORD. X	COORD. Y	VALOR	COORD. X	COORD. Y
494970	884020	-0.154762	496320	8845840	0	495000	8845990	0.055882	494940	8845900	0.221675	494940	8846080
494970	8845960	-0.098413	494910	8845810	0.039566	495000	8845960	0.182195	494910	8845840	0.309198	494940	8846050
494970	8845960	-0.329567	496560	8845810	0	494940	8845870	0.153741	494910	8845750	0.344986	494940	8845930
494970	8845930	-0.48473	496590	8845810	0	494880	8845780	0.086103	495210	8845270	0.349835	495000	8845930
494970	8845900	-0.027308	496620	8845810	0	494910	8845780	0.189419	495600	8844400	0.369565	494970	8845870
499090	8841790	-0.044017	494850	8845780	0	495600	8845210	0.068942	495570	8844340	0.366274	495390	8845840
488100	8841430	-0.133938	494850	8845750	0	495600	8844310	0.197177	495600	8844340	0.227624	494880	8845810
488130	8841430	-0.042	494850	8845720	0	495930	8843560	0.060288	495600	8844280	0.308612	494940	8845780
488180	8841430	-0.067961	494850	8845690	0	497490	8845300	0.067649	495780	8844220	0.370209	494880	8845750
488190	8841430	-0.010264	494850	8845660	0	498090	8844220	0.058667	495810	8842720	0.358345	494940	8845750
488010	8841400	-0.015238	494730	8844820	0	489120	8841850	0.205595	495780	8842690	0.310374	494910	8845720
487770	8840060	-0.041391	493890	8843170	0	489150	8841850	0.186155	495780	8842690	0.303279	494910	8845690
473460	8825950	-5.853333	493470	8842870	0	488850	8841820	0.163043	495750	8842630	0.361192	494970	8845600
473490	8825950	-0.277419	497760	8845630	0	488910	8841820	0.165189	488640	8841850	0.36236	495090	8845540
473580	8825950	-0.166994	499440	8844910	0	488940	8841820	0.088114	488670	8841850	0.352014	495120	8845510
473670	8825920	-0.010926	499470	8844850	0	488970	8841820	0.064378	489060	8841850	0.269517	495210	8845300
473880	8825890	-8.886792	499470	8844820	0	489000	8841820	0.148982	489090	8841850	0.258257	495440	8844880
474000	8825890	-0.680441	499500	8844730	0	489030	8841820	0.153703	488580	8841820	0.347118	495630	8844490
474060	8825860	-0.046312	499680	8843200	0	489060	8841820	0.165841	488610	8841820	0.334848	495630	8844460
474210	8825860	-1.225941	499770	8842870	0	489090	8841820	0.141314	488820	8841820	0.326283	495600	8844430
474270	8825830	-0.631902	500310	8842390	0	489120	8841820	0.141314	488880	8841820	0.215287	495570	8844400
474390	8825830	-18.652174	485070	8839960	0	489150	8841820	0.173528	488550	8841790	0.290429	495570	8844370
474480	8825800	-0.309842	484980	8839960	0	489180	8841820	0.205595	489000	8841790	0.237179	495600	8844370
474510	8825800	-1.368421	484890	8839900	0	489150	8841790	0.109983	489240	8841790	0.233571	495570	8844310
474540	8825800	-0.941392	484900	8839840	0	489180	8841790	0.138473	489180	8841790	0.349794	495630	8844280

**3.6.2.2. Cálculo de categorías UGI del Uso Actual de la Tierra:** Para efectos y realidad de la presente investigación se tomaron en consideración cuatro (04) categorías previamente identificadas en el área de estudio, teniendo como referencia la clasificación del Uso Actual de la Tierra propuesta por la Unión Geográfica Internacional (UGI): “Bosques”, “Árboles y cultivos perennes”, “Tierras improductivas y asentamientos” y “Tierras no agrícolas asociadas”. Cabe resaltar que las categorías propuestas en la presente investigación se basaron en la clasificación del World Land Use Surveys (WLUS) Commission (Unión Geográfica Internacional – UGI) del año 1949 “Land-Use Classifications”, no considerando lo indicado en la Resolución Ministerial N° 081-2016-MINAM: *Procedimiento Técnico y Metodológico para la Elaboración del "Estudio Especializado de Análisis de los Cambios de la Cobertura y Uso de la Tierra"*.

Las categorías identificadas para efectos de la investigación de acuerdo con la clasificación establecida fueron:

**A. Bosques:** Determinado por áreas con cubierta vegetal densa, aquellas que no han sufrido intervención antrópica ni alteraciones naturales (deslizamientos de tierra, etc.). Nos representarán espacios con vegetación y bosque virgen. En algunos casos nos pueden mostrar espacios con vegetación herbácea, arbustiva y/o forestal virgen en zonas con sombras de laderas empinadas.

**B. Árboles y otros cultivos perennes:** Son aquellos espacios naturales que indican estar en un proceso de transformación o transición por causa de actividad antrópica, en parte destinadas para el cultivo de especies locales. También representan espacios con superficie boscosa medianamente abundante.

**C. Tierras improductivas:** Representarán plantas gramíneas, arbustos y otras similares a ras del suelo (vegetación muy dispersa), así como otras zonas con muy escasa vegetación.

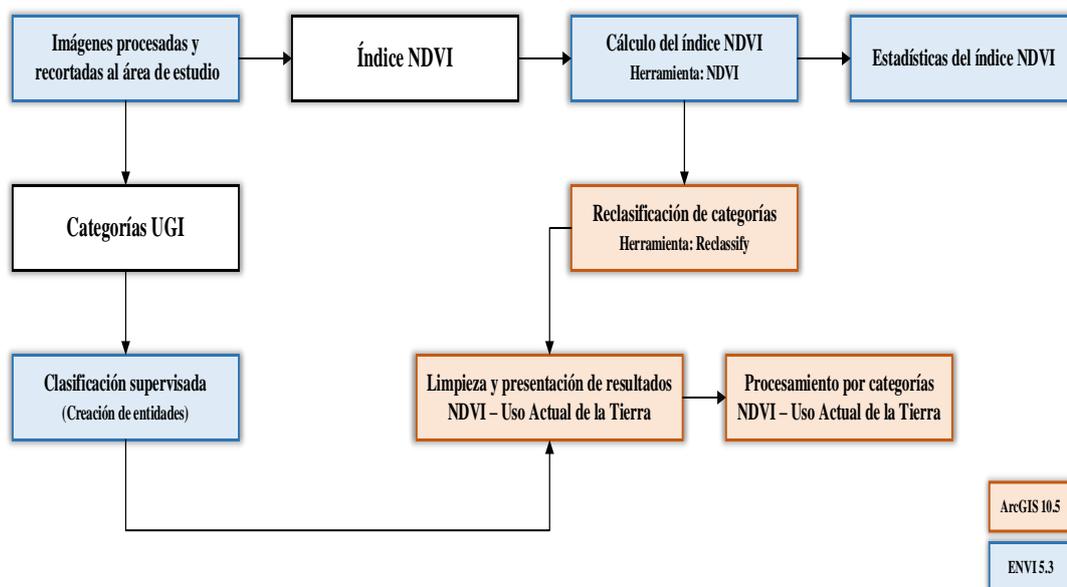
**D. Asentamientos y tierras no agrícolas asociadas:** Compuesto principalmente por zonas urbanas, cuerpos de agua (ríos y cuerpos lénticos con presencia de flora), vías de transporte, suelo desnudo y áreas que presentan procesos de colapso de origen natural o antrópico (deslizamientos de tierra, etc.).

La delimitación de categorías propuesta por la Unión Geográfica Internacional (UGI) fue realizada con la aplicación del procedimiento de “Clasificación supervisada” en el software ENVI 5.3, el cual fue realizado mediante la vectorización de áreas de entrenamiento (samples) para cada una de las categorías identificadas en el área de estudio (bosques, árboles y otros cultivos perennes, tierras improductivas y asentamientos y tierras no agrícolas asociadas) durante los años: 1990, 2000, 2010, 2020 y 2022; en base a lo visualizado en las imágenes satelitales y a lo evidenciado *in situ* durante la visita técnica del año 2022.

En el siguiente flujograma se resumen los procesos realizados, tanto para el cálculo del índice NDVI y la determinación de las categorías UGI:

**Figura 45**

*Diagrama de flujo para el procesamiento de imágenes satelitales*



### 3.7. Análisis de datos

Uso actual de la tierra: Una vez obtenidos los resultados de las áreas de las categorías del Uso Actual de la Tierra de los años 1990, 2000, 2010 y 2020, estas serán analizadas para conocer su variación (incremento o decremento) entre dichos periodos, enfocándose si en dicha variación se sobrepasa el 5% en relación con el periodo anterior estudiado. Así también, se realizará un análisis de tendencia en el tiempo (regresión lineal simple) con ayuda del software Microsoft Excel 2019, para poder tener un valor estimativo de la cantidad de superficie de cada categoría del Uso Actual de la Tierra en el área de estudio, de acuerdo a los datos anteriores, para el año 2030.

Esta variación entre periodos será caracterizada por una diferencia de las áreas totales de las categorías: “Asentamientos y tierras no agrícolas asociadas”, “Bosques”, “Árboles y

otros cultivos perennes” y “Tierras improproductivas” de cada año analizado, de acuerdo a la siguiente expresión:

$$\Delta_X = X_{n+10} - X_n$$

Donde:

$X$ : Área de una categoría en el periodo analizado

$n$ : Años 1990, 2000, 2010 y 2020

$\Delta_X$ : Variación del área de dicha categoría en ambos periodos

Además, se hallará la tasa de variación por cada 10 años, aquella que nos manifestará el % de diferenciación en relación con el periodo anterior. Esta será determinada mediante la siguiente expresión:

$$T_{n+10;n} = \left( \frac{X_{n+10} - X_n}{X_n} \right) \times 100 \%$$

Donde:

$X$ : Área del periodo analizado

$n$ : Años 1990, 2000, 2010 y 2020

$\Delta_X$ : Variación del área en ambos periodos

$T_{n+10;n}$ : Tasa de variación (%) del área en el periodo  $n$  y  $n + 10$ .

Calidad de la cubierta vegetal: Cuando los elementos identificados del área de estudio: Áreas con muy alta actividad fotosintética, Áreas con alta actividad fotosintética, Áreas con mediana actividad fotosintética, Áreas con baja actividad fotosintética, Áreas con muy baja actividad fotosintética y Áreas sin actividad fotosintética, para los años 1990, 2000, 2010 y 2020 se hayan obtenido, se procederá al cálculo del área (cuantificación) y valor promedio de NDVI para cada categoría, con la finalidad de poder hallar su variación (en Ha y/o %) en cada año analizado, mediante la siguiente expresión:

$$\Delta_X = X_{n+10} - X_n$$

Donde:

$X$ : Área / valor promedio de NDVI de una categoría en el periodo analizado

$n$ : Años 1990, 2000, 2010 y 2020

$\Delta_X$ : Variación del área / valor promedio de NDVI de dicha categoría en ambos periodos

Además, se hallará la tasa de variación por cada 10 años, aquella que nos manifestará el % de diferenciación en relación con el periodo anterior. Esta será determinada mediante la siguiente expresión:

$$T_{n+10;n} = \left( \frac{X_{n+10} - X_n}{X_n} \right) \times 100 \%$$

Donde:

$X$ : Área / valor promedio de NDVI del periodo analizado

$n$ : Años 1990, 2000, 2010 y 2020

$\Delta_X$ : Variación del área / valor promedio de NDVI en ambos periodos

$T_{n+10;n}$ : Tasa de variación (%) de área o promedio de NDVI del periodo  $n$  y  $n + 10$ .

De lo anteriormente indicado, en el presente documento se obtendrán las siguientes tablas y gráficas, realizadas para conseguir un mejor análisis multitemporal del área de estudio:

- Área total (Ha) de categorías UGI, por año de estudio.
- Promedio de NDVI y área total (Ha) de cada categoría UGI, por año de estudio.
- Estimación, por medio de regresiones lineales, de los valores respectivos para el año 2030.

**Validación de la estimación:** Finalmente, la proyección para el año 2030 resultante de los datos obtenidos en periodos de análisis de 10 años fue estimada en precisión con ayuda de visualizaciones en el software Google Earth Pro, una visita técnica de campo (*in situ*) durante el mes de agosto del 2022, y mediante un muestreo estadístico para poder clasificar áreas

determinadas y evaluar la similitud de los resultados del procesamiento de una imagen satelital Landsat 9 del año 2022, para lo cual se empleó la siguiente expresión correspondiente al tamaño de una muestra para una población finita, o también puede realizarse mediante una distribución binomial de probabilidad (Chuvieco, 1995). Estas se presentan a continuación:

$$n = \frac{N \times z^2 \times p \times q}{(N - 1) \times E^2 + z^2 \times p \times q} \quad \text{o} \quad n = \frac{z^2 \times p \times q}{E^2}$$

Donde:

*N*: Población total (píxeles totales en las imágenes satelitales)(913 240)

*n*: Tamaño de la muestra a tomar (número de píxeles)

*p*: Porcentaje de aciertos estimados (0.5)

*q*: Porcentaje de errores estimados (1 – *q*) o 0.5

*E*: Nivel de error permitido (en este caso será del 10 %)

*z*: Abscisa de la curva normal para un nivel dado de probabilidad (1.96)

Lo último anteriormente indicado servirá como insumo para estimar la calidad y aplicabilidad final del trabajo mediante la elaboración de la Matriz de Confusión e índice Estadístico de Kappa, con la finalidad de poder otorgar cierto grado de confiabilidad a la estimación del año 2030 y demás años anteriores evaluados, en torno al Uso Actual de la Tierra y el Índice de Vegetación NDVI sobre lo previamente ya elaborado por el autor.

Debido a las características del área de estudio y su inaccesibilidad; por ende, el esfuerzo requerido en términos temporales, de seguridad y monetarios que estos significaban, no fue posible el acceso a determinadas zonas del distrito para poder realizar la toma de datos *in situ*, por lo que el muestreo realizado para la selección de áreas fue el aleatorio estratificado, esto es debido a lo ya mencionado líneas arriba, y a lo sostenido de acuerdo a la investigación realizada por Congalton (1988), donde indica que para imágenes donde se suele presentar un error periódico (tal es el caso de zonas agrícolas o con pastizales), es preferible usar el muestreo aleatorio simple en primera instancia y el muestreo aleatorio estratificado como segunda

opción. Así también, en estos casos dicho autor desaconseja el empleo del muestreo sistemático y sistemático no alineado para este tipo de casos.

### **3.8. Limitaciones del trabajo de investigación**

El presente trabajo de investigación se limita a producir y mostrar datos muy exactos en cuanto a las áreas y valores del índice NDVI obtenidos, así como también en las categorías del Uso Actual de la Tierra clasificados. Esto es debido a las siguientes causas principales: Resolución espacial y temporal de las imágenes satelitales, las características del sensor, las condiciones atmosféricas como el nivel de nubosidad y aerosoles existente, la cantidad de sombras creadas por el paisaje del distrito, la incidencia de los rayos solares, la rápida variación de las categorías estudiadas, la dificultad de poder identificar y delimitar plenamente cada categoría, errores humanos, entre otros factores.

Así también, otras limitaciones encontradas en la presente investigación incluyeron: transparencia en la información y especificaciones técnicas por entidades gubernamentales (acceso a la información pública), ausencia de antecedentes, documentos técnicos e investigaciones de naturaleza similar realizados en el distrito de Villa Rica, carencia mayoritaria de información actualizada, empleo de recursos económicos para la visita técnica de campo, frecuencia de toma y resolución espacial de imágenes satelitales, etc.

Por último, el presente documento no se enfoca en proporcionar soluciones específicas para controlar, gestionar, adecuar, ordenar, planificar, etc. la calidad de la cubierta vegetal y/o las actividades de uso actual de tierras realizadas en el distrito de Villa Rica, puesto a que esto correspondería a un instrumento de gestión específico, como una Zonificación Económica Ecológica (ZEE), programas de reforestación, programas de vigilancia ambiental, planes de planificación urbana, u otros relacionados al control territorial.

## IV. RESULTADOS

De acuerdo con la información obtenida, evaluada y procesada en gabinete y campo, se obtuvieron los siguientes resultados en cuanto a la variación de los índice NDVI y las categorías del Uso Actual de la Tierra de acuerdo con la Unión Geográfica Internacional (UGI):

### 4.1. Variación de los índices NDVI

Durante el periodo de análisis propuesto en el presente estudio, se evidenció una variación en las categorías de NDVI de cada imagen satelital evaluada. A continuación se mostrarán los valores promedio de NDVI y su área ocupada por cada rango evaluado (en Ha), según año de estudio:

#### Año de análisis 1990:

**Tabla 30**

*Promedio de NDVI y área (Ha) según rangos para el año 1990*

Año de análisis 1990			
Rango NDVI	Promedio NDVI	Área (Ha)	% del territorio
Sin vegetación	0.0400	0.18	0.0002%
Área con poca vegetación	0.1562	24.03	0.0292%
Vegetación menos moderada	0.3045	101.16	0.1231%
Vegetación moderada	0.4539	314.01	0.3820%
Vegetación densa	0.7398	15330.78	18.6525%
Vegetación altamente densa	0.8391	66376.44	80.7584%
No clasificados	-	44.82	0.0545%
SUMATORIA		82191.42	100 %

De la tabla anteriormente mostrada se evidenció que la vegetación “Altamente densa” ocupó el mayor porcentaje del distrito, representando más de un 80 % de este (66 376.44 Ha). Así también, la vegetación de categoría “Densa” ocupó el segundo mayor porcentaje con un 18.65 % (15 330.78 Ha). De acuerdo con el análisis realizado, durante el periodo 1990 las categorías “Sin vegetación”, “Área con poca vegetación” y “Vegetación menos moderada” representaron en conjunto menos del 0.5 % del distrito de Villa Rica. La cantidad de celdas no clasificadas por el modelo ascendió a un total de 44.82 Ha, correspondiente a un 0.05 % del total del área analizada.

#### **Año de análisis 2000:**

**Tabla 31**

*Promedio de NDVI y área (Ha) según rangos para el año 2000*

Año de análisis 2000			
Rango NDVI	Promedio NDVI	Área (Ha)	% del territorio
Sin vegetación	0.0011	36.00	0.0438%
Área con poca vegetación	0.1564	51.21	0.0623%
Vegetación menos moderada	0.3040	187.65	0.2283%
Vegetación moderada	0.4492	453.24	0.5514%
Vegetación densa	0.7312	12241.62	14.8940%
Vegetación altamente densa	0.8433	69212.16	84.2085%
No clasificados	-	9.54	0.0116%
<b>SUMATORIA</b>		<b>82191.42</b>	<b>100 %</b>

De la tabla anteriormente mostrada se evidenció que la vegetación “Altamente densa” con un NDVI promedio de 0.8433 ocupó el mayor porcentaje del distrito, representando casi un 85 % de este (69 212.16 Ha). Así también, la vegetación de categoría “Densa” con un NDVI

promedio de 0.7312 ocupó el segundo mayor porcentaje con un 14.89 % (12 241.62 Ha). De acuerdo con el análisis realizado, durante el periodo 2000 las categorías “Sin vegetación”, “Área con poca vegetación” y “Vegetación menos moderada” representaron en conjunto más del 0.3 % del distrito de Villa Rica (274.86 Ha). La cantidad de celdas no clasificadas por el modelo ascendió a un total de 9.54 Ha, correspondiente a un 0.01 % del total del área analizada.

### **Año de análisis 2010:**

**Tabla 32**

*Promedio de NDVI y área (Ha) según rangos para el año 2010*

Año de análisis 2010			
Rango NDVI	Promedio NDVI	Área (Ha)	% del territorio
Sin vegetación	0.0057	42.30	0.0515%
Área con poca vegetación	0.1426	46.53	0.0566%
Vegetación menos moderada	0.3027	140.67	0.1711%
Vegetación moderada	0.4532	336.96	0.4100%
Vegetación densa	0.7072	10676.52	12.9898%
Vegetación altamente densa	0.8297	70891.65	86.2519%
No clasificados	-	56.79	0.0691%
SUMATORIA		82191.42	100 %

De la tabla anteriormente mostrada se evidenció que la vegetación “Altamente densa” con un NDVI promedio de 0.8297 ocupó el mayor porcentaje del distrito, representando más de un 85 % de este (70 891.65 Ha). Así también, la vegetación de categoría “Densa” con un NDVI promedio de 0.7072 ocupó el segundo mayor porcentaje con un 12.98 % (10 676.52 Ha). De acuerdo con el análisis realizado, durante el periodo 2010 las categorías “Sin vegetación”, “Área con poca vegetación” y “Vegetación menos moderada” representaron en

conjunto menos del 0.3 % del distrito de Villa Rica (229.50 Ha). La cantidad de celdas no clasificadas por el modelo ascendió a un total de 56.79 Ha, correspondiente a un 0.07 % del total del área analizada.

**Año de análisis 2020:**

**Tabla 33**

*Promedio de NDVI y área (Ha) según rangos para el año 2020*

Año de análisis 2020			
Rango NDVI	Promedio NDVI	Área (Ha)	% del territorio
Sin vegetación	0.0061	42.0300	0.0511%
Área con poca vegetación	0.1417	73.440	0.0894%
Vegetación menos moderada	0.2952	142.650	0.1736%
Vegetación moderada	0.4492	247.050	0.3006%
Vegetación densa	0.7725	11052.990	13.4479%
Vegetación altamente densa	0.8722	70609.590	85.9087%
No clasificados	-	23.67	0.0288%
SUMATORIA		82191.42	100 %

De la tabla anteriormente mostrada se evidenció que la vegetación “Altamente densa” con un NDVI promedio de 0.8722 ocupó el mayor porcentaje del distrito, representando más de un 85 % de este (70 609.59 Ha). Así también, la vegetación de categoría “Densa” con un NDVI promedio de 0.7725 ocupó el segundo mayor porcentaje con un 13.45 % (11 052.99 Ha). De acuerdo con el análisis realizado, durante el periodo 2020 las categorías “Sin vegetación”, “Área con poca vegetación” y “Vegetación menos moderada” representaron en conjunto poco más del 0.3 % del distrito de Villa Rica (258.12 Ha). La cantidad de celdas no

clasificadas por el modelo ascendió a un total de 23.67 Ha, correspondiente a un 0.03 % del total del área analizada.

**Año de análisis 2022:**

**Tabla 34**

*Promedio de NDVI y área (Ha) según rangos para el año 2022*

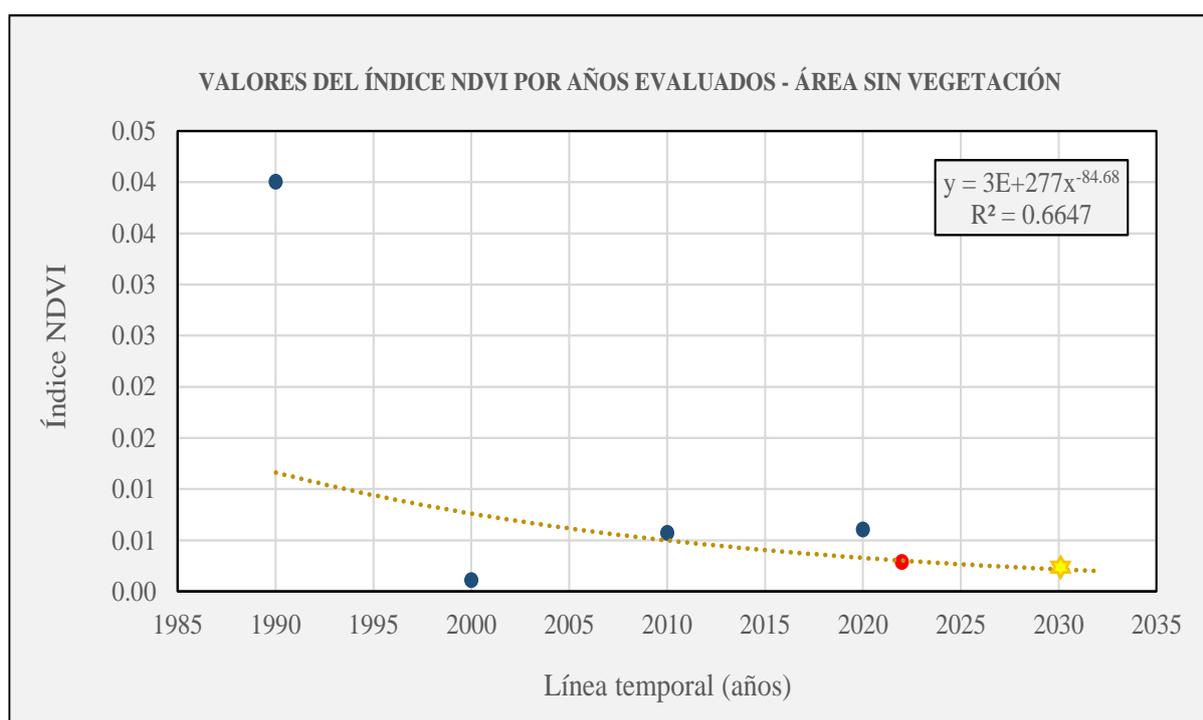
Año de análisis 2022			
Rango NDVI	Promedio NDVI	Área (Ha)	% del territorio
Sin vegetación	0.0029	38.2500	0.0465%
Área con poca vegetación	0.1525	48.0600	0.0585%
Vegetación menos moderada	0.2942	115.8300	0.1409%
Vegetación moderada	0.4506	189.9000	0.2310%
Vegetación densa	0.7727	12988.0800	15.8022%
Vegetación altamente densa	0.8577	68797.1700	83.7036%
No clasificados	-	14.13	0.0172%
<b>SUMATORIA</b>		<b>82191.42</b>	<b>100 %</b>

De la tabla anteriormente mostrada se evidenció que la vegetación “Altamente densa” con un NDVI promedio de 0.8577 ocupó el mayor porcentaje del distrito, representando menos de un 85 % de este (68 797.17 Ha). Así también, la vegetación de categoría “Densa” con un NDVI promedio de 0.7727 ocupó el segundo mayor porcentaje con un 15.80 % (12 988.08 Ha). De acuerdo con el análisis realizado, durante el periodo 2022 las categorías “Sin vegetación”, “Área con poca vegetación” y “Vegetación menos moderada” representaron en conjunto menos del 0.25 % del distrito de Villa Rica (202.14 Ha). La cantidad de celdas no clasificadas por el modelo ascendió a un total de 14.13 Ha, correspondiente a un 0.02 % del total del área analizada.

A lo anterior adjuntado, se añaden adicionalmente las gráficas correspondientes que evidencian la tendencia de cada uno de los rangos de NDVI (y sus áreas) evaluadas, y su probable proyección para el año 2030:

#### Figura 46

*Valores del índice NDVI por años evaluados – área sin vegetación*

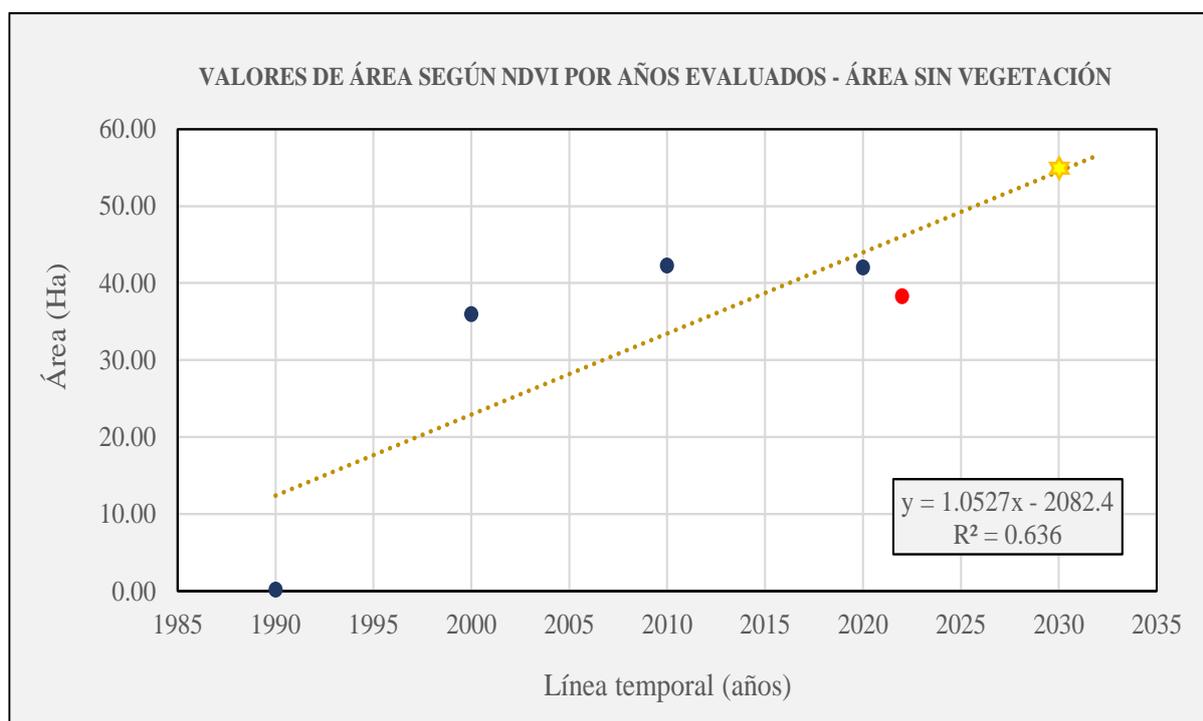


La gráfica anteriormente mostrada evidencia una tendencia potencial negativa entre los valores de NDVI en la categoría “Área sin vegetación” desde los años 1990 – 2022 (coeficiente de determinación de 0.6647); sin embargo, el primer valor correspondiente al periodo 1990 presenta un aparente valor anómalo de NDVI (0.04), el cual reduce la consistencia de dicha relación. Esto podría deberse, a pesar de corresponder a un valor cercano a lo indicado por otros autores, a la estacionalidad de la vegetación, la presencia de especies con vegetación en estado de enfermedad avanzada (casi muerta, pero que el satélite logra captar con un valor por encima del NDVI que corresponde a seres no vivos), u otro motivo desconocido. El valor de

validación correspondiente al año 2022 mostró un valor de decrecimiento en cuanto al índice NDVI esperado; sin embargo, ajustó la recta respecto a la estimación para el año 2030, donde se proyecta un valor menor a 0.01 aproximadamente para dicha categoría. El año 2000 se registró según el modelo un valor cercano a cero (0.001) para dicha categoría.

### Figura 47

*Valores de área según índice NDVI por años evaluados – área sin vegetación*

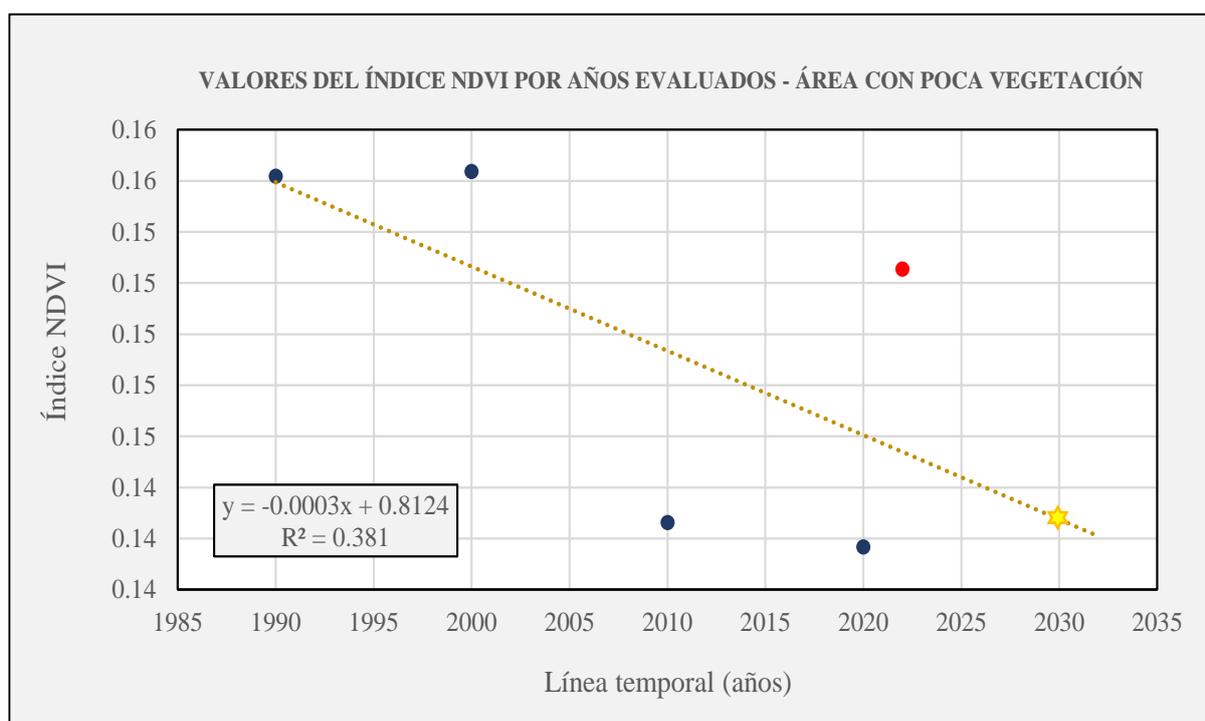


La gráfica anteriormente mostrada evidencia una tendencia lineal positiva entre los valores del área del índice NDVI en la categoría “Área sin vegetación” desde los años 1990 – 2022 (coeficiente de determinación de 0.6360). En esta se muestra una dispersión entre los valores respecto de la recta teórica, evidenciando un incremento casi sostenido. El valor de validación correspondiente al año 2022 mostró un valor de decrecimiento en cuanto al área esperada; sin embargo, ajustó la recta respecto a la estimación para el año 2030, donde se proyecta un valor área de 55 Ha aproximadamente para dicha categoría. El año 1990 registró

según el modelo un valor cercano a cero (0.18 Ha) para dicha categoría, siendo menor con relación al resto de años analizados (valores mayores a 35 Ha).

### Figura 48

*Valores del índice NDVI por años evaluados – área con poca vegetación*

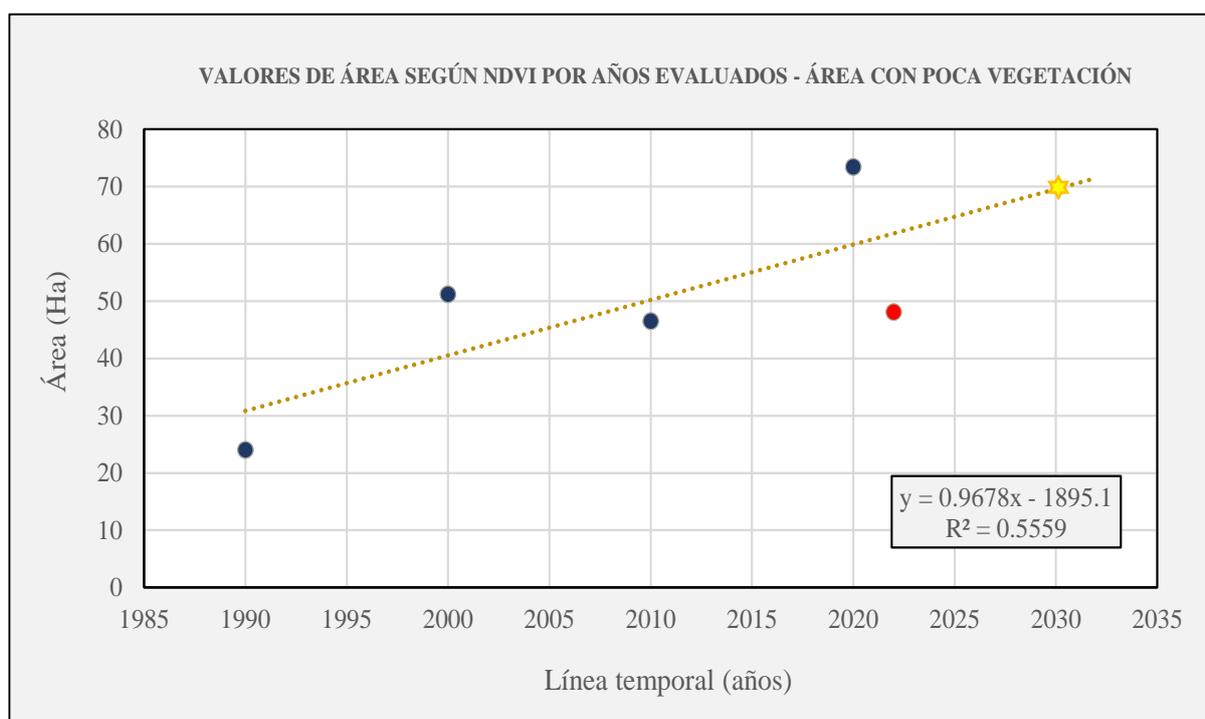


La gráfica anteriormente mostrada evidencia una tendencia lineal negativa entre los valores de NDVI en la categoría “Área con poca vegetación” desde los años 1990 – 2022 (coeficiente de determinación de 0.3810). En esta se muestra una dispersión moderada entre los valores respecto de la recta teórica, evidenciando un decremento casi sostenido. Esto podría deberse a que dichas áreas que están destinadas a ser usadas para fines urbanos poseen una progresiva calidad vegetal pésima, o con vegetación (gramínea u otra a ras del suelo) muerta o en proceso de muerte. El valor de validación correspondiente al año 2022 mostró un valor de crecimiento en cuanto al índice esperado; sin embargo, ajustó la recta respecto a la estimación para el año 2030, donde se proyecta un valor índice de 0.144 aproximadamente para dicha categoría. El año 1990 registró según el modelo el segundo valor más alto alcanzado (0.16)

para dicha categoría, siendo el límite superior con relación al resto de años analizados, luego del 2000.

### Figura 49

Valores de área según índice NDVI por años evaluados – área con poca vegetación

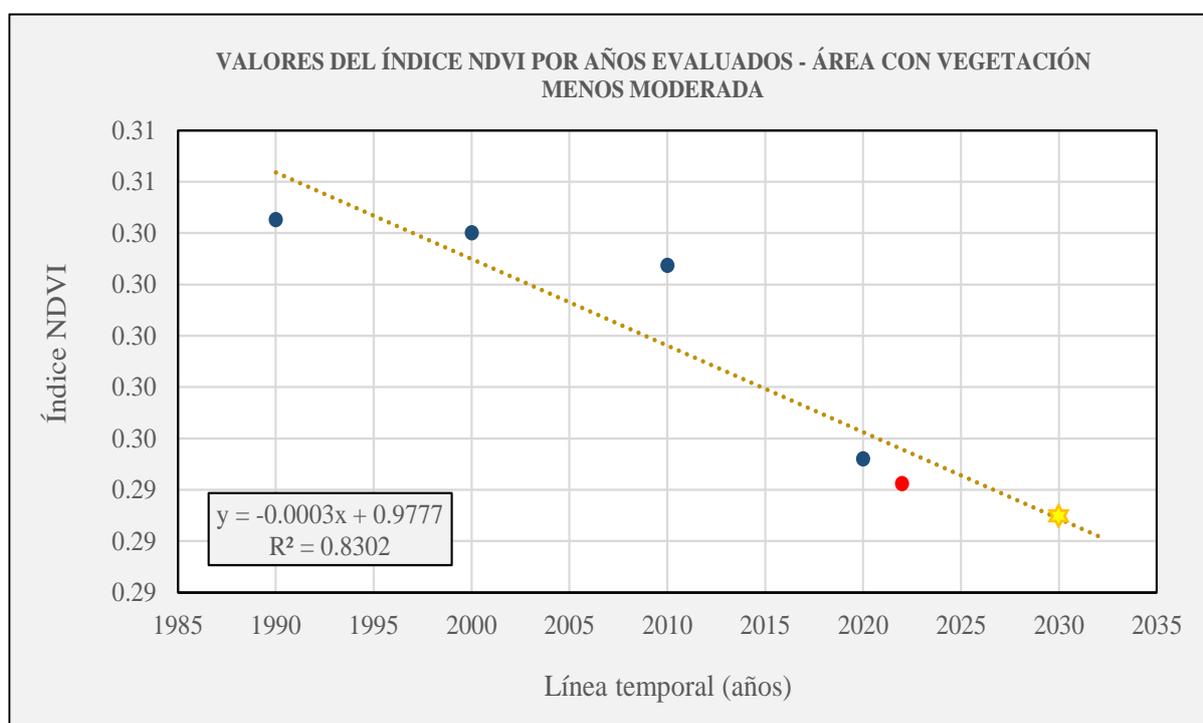


La gráfica anteriormente mostrada evidencia una tendencia lineal positiva entre los valores del área del índice NDVI en la categoría “Área con poca vegetación” desde los años 1990 – 2022 (coeficiente de determinación de 0.5590). En esta se muestra una dispersión entre los valores respecto de la recta teórica, evidenciando un incremento casi sostenido. Esto podría deberse al incremento de áreas que están destinadas a ser usadas para fines urbanos, producto de la limpieza de áreas con poca vegetación para fines de cultivo u otras actividades que remuevan las áreas de pastos o gramíneas, dejando suelo con mínima vegetación en su superficie. El valor de validación correspondiente al año 2022 mostró un valor de decrecimiento en cuanto al área esperada; sin embargo, ajustó la recta respecto a la estimación para el año 2030, donde se proyecta un valor área de 70 Ha aproximadamente para dicha

categoría. El año 1990 registró, según el modelo, el valor más bajo alcanzado (24 Ha) para dicha categoría, siendo el límite inferior con relación al resto de años analizados.

### Figura 50

*Valores del índice NDVI por años evaluados – área con vegetación menos moderada*

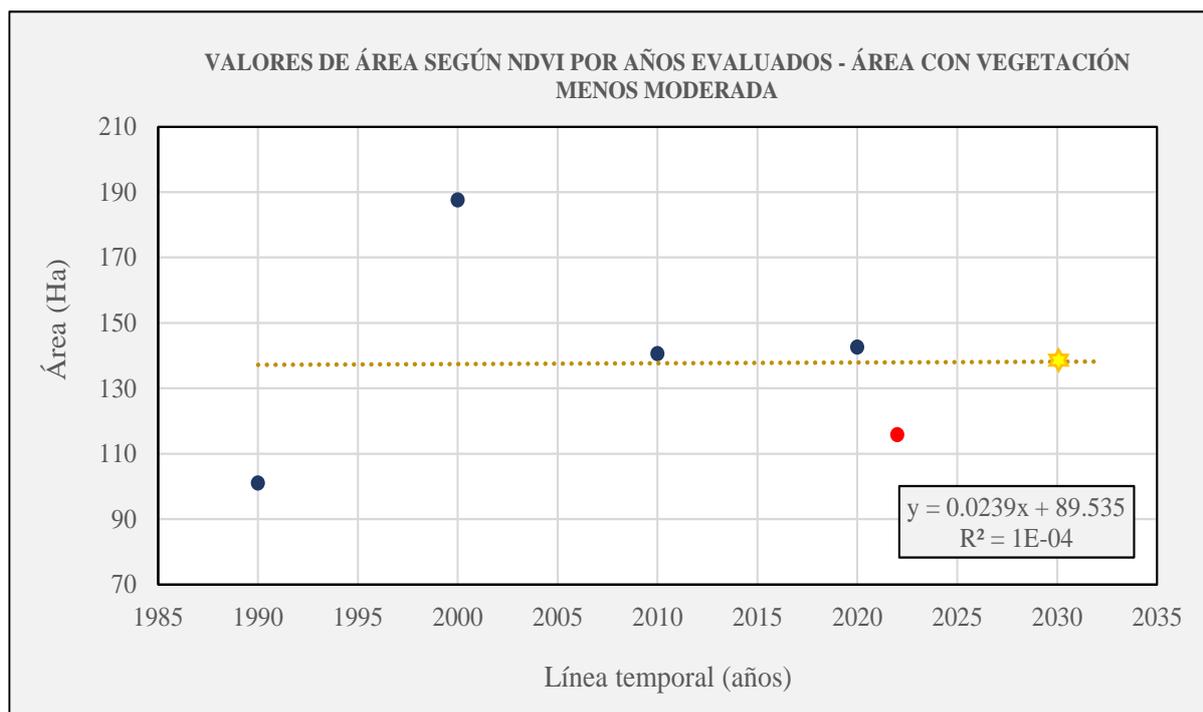


La gráfica anteriormente mostrada evidencia una tendencia lineal negativa entre los valores del índice NDVI en la categoría “Área con vegetación menos moderada” desde los años 1990 – 2022 (coeficiente de determinación de 0.8302). En esta se muestra una mínima dispersión entre los valores respecto de la recta teórica, evidenciando un decremento casi sostenido. Esto podría deberse a que dichas áreas que están destinadas a ser usadas para fines de conversión en áreas de cultivo/urbano poseen una progresiva calidad vegetal baja, o con vegetación (gramínea u otra a ras del suelo) en un estado de enfermedad de manera cada vez de menor cuidado. El valor de validación correspondiente al año 2022 mostró un valor de decrecimiento en cuanto al valor del índice esperado; sin embargo, ajustó la recta respecto a la estimación para el año 2030, donde se proyecta un valor de 0.29 aproximadamente para dicha

categoría. El año 1990 registró, según el modelo, el valor más alto alcanzado (0.30) para dicha categoría, siendo el límite superior con relación al resto de años analizados.

### Figura 51

*Valores de área según índice NDVI por años evaluados – área con vegetación menos moderada*

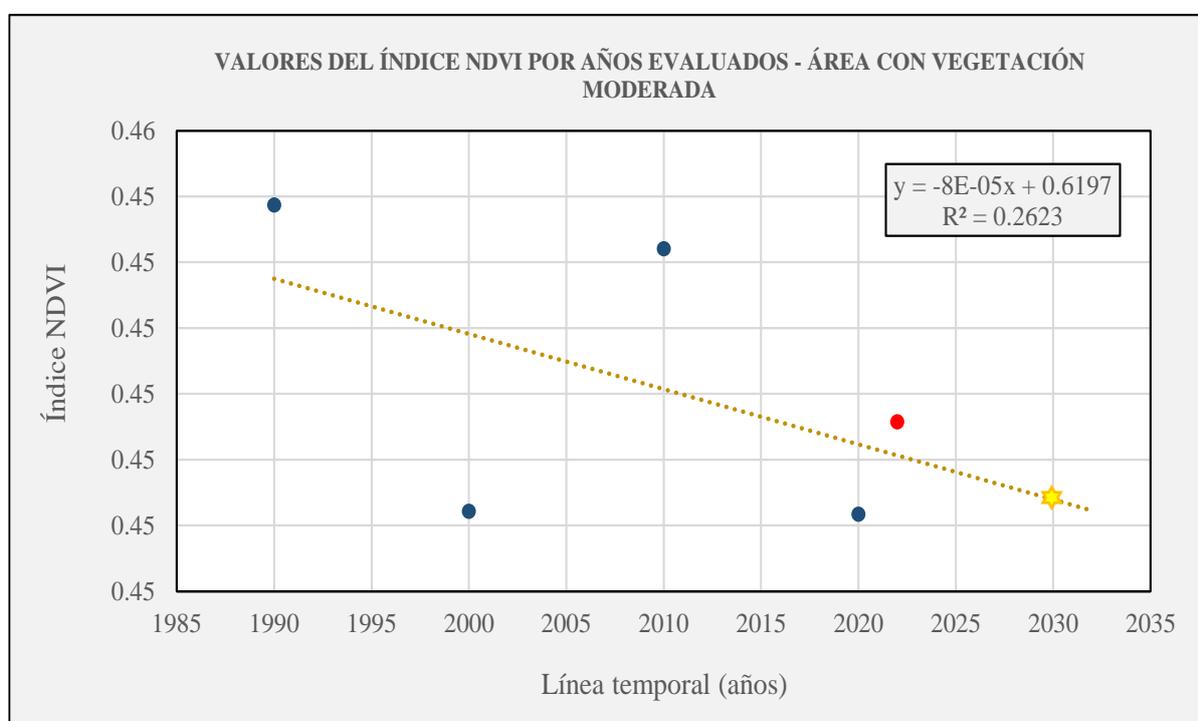


La gráfica anteriormente mostrada no evidencia alguna tendencia entre los valores del área del índice NDVI en la categoría “Área con vegetación menos moderada” desde los años 1990 – 2022 (coeficiente de determinación de prácticamente 0). En esta se muestra una total dispersión entre los valores respecto de la recta teórica, no evidenciando alguna relación entre los datos generados por el modelo y su variación respecto del tiempo. Esto podría deberse, suponiendo el escenario que debería seguir una tendencia determinada, a un procesamiento impreciso de datos por el modelo de clasificación supervisada en cuestión, al efecto producido por la ligera reducción de calidad en dichas áreas por el corte y empalme de las imágenes satelitales, o las condiciones atmosféricas existentes en dichos sectores (imperfecciones

atmosféricas, aerosoles, brillos, etc.); o por el contrario, suponer es el comportamiento normal de dicha categoría dentro del distrito Villa Rica. Por lo que, independientemente de las causas subyacentes en dicho patrón, el valor de validación correspondiente al año 2022 no realizó aparentemente algún ajuste considerable en cuanto al valor del índice esperado según la tendencia; sin embargo, de igual manera este ayudó en la obtención de un valor de superficie de entre 130 – 150 Ha para la categoría en cuestión.

### Figura 52

*Valores del índice NDVI por años evaluados – área con vegetación moderada*

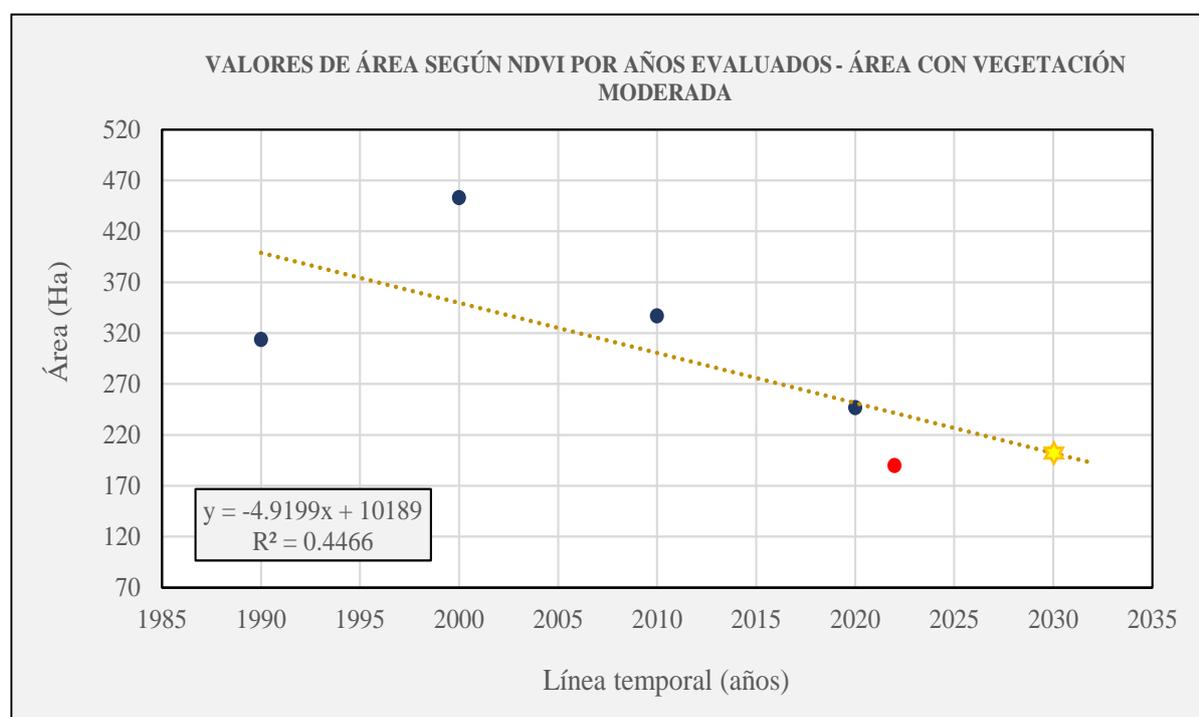


La gráfica anteriormente mostrada evidencia una tendencia lineal negativa entre los valores del índice NDVI en la categoría “Área con vegetación moderada” desde los años 1990 – 2022 (coeficiente de determinación de 0.2623). En esta se muestra una gran dispersión entre los valores respecto de la recta teórica, evidenciando un decremento casi sostenido. Esto podría deberse a que dichas áreas que están destinadas a ser usadas para fines de conversión progresiva en áreas de cultivo/urbano poseen una mantenida calidad vegetal en mengua, o con vegetación

(gramínea u otra a ras del suelo) en un estado de enfermedad, sequía o estrés hídrico de manera cada vez con menor cuidado. El valor de validación correspondiente al año 2022 mostró un valor de crecimiento en cuanto al valor del índice esperado; sin embargo, ajustó la recta respecto a la estimación para el año 2030, donde se proyecta un valor de 0.45 aproximadamente para dicha categoría. El año 1990 registró, según el modelo, el valor más alto alcanzado (cercano a 0.46) para dicha categoría, siendo el límite superior con relación al resto de años analizados.

### Figura 53

*Valores de área según índice NDVI por años evaluados – área con vegetación moderada*

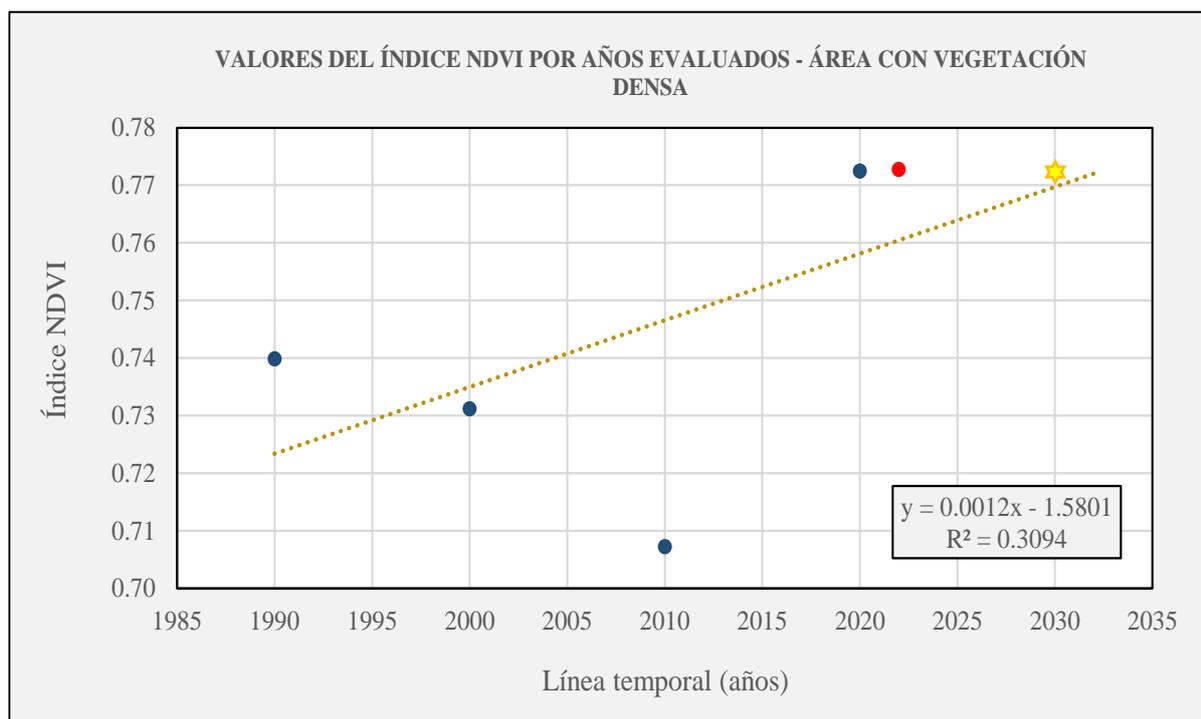


La gráfica anteriormente mostrada evidencia una tendencia lineal negativa entre los valores del área del índice NDVI en la categoría “Área con vegetación moderada” desde los años 1990 – 2022 (coeficiente de determinación de 0.4466). En esta se muestra una moderada dispersión entre los valores respecto de la recta teórica, evidenciando un decremento casi sostenido. Esto podría deberse a que dichas áreas que están o estaban destinadas a ser usadas

para fines de conversión progresiva en áreas de cultivo/urbano, o aquellas que hayan sido alteradas de manera antrópica estén siendo recuperadas o conservadas de manera adecuada mediante técnicas especiales, o por ejemplo, por medio actividades de reforestación, o conversión en áreas agrícolas densas. El valor de validación correspondiente al año 2022 mostró un valor de decrecimiento en cuanto al área esperada; sin embargo, ajustó la recta respecto a la estimación para el año 2030, donde se proyecta un valor área de 200 Ha aproximadamente para dicha categoría. El año 2020 registró, según el modelo, el valor más alto alcanzado (460 Ha) para dicha categoría, siendo el límite superior con relación al resto de años analizados.

#### Figura 54

*Valores del índice NDVI por años evaluados – área con vegetación densa*

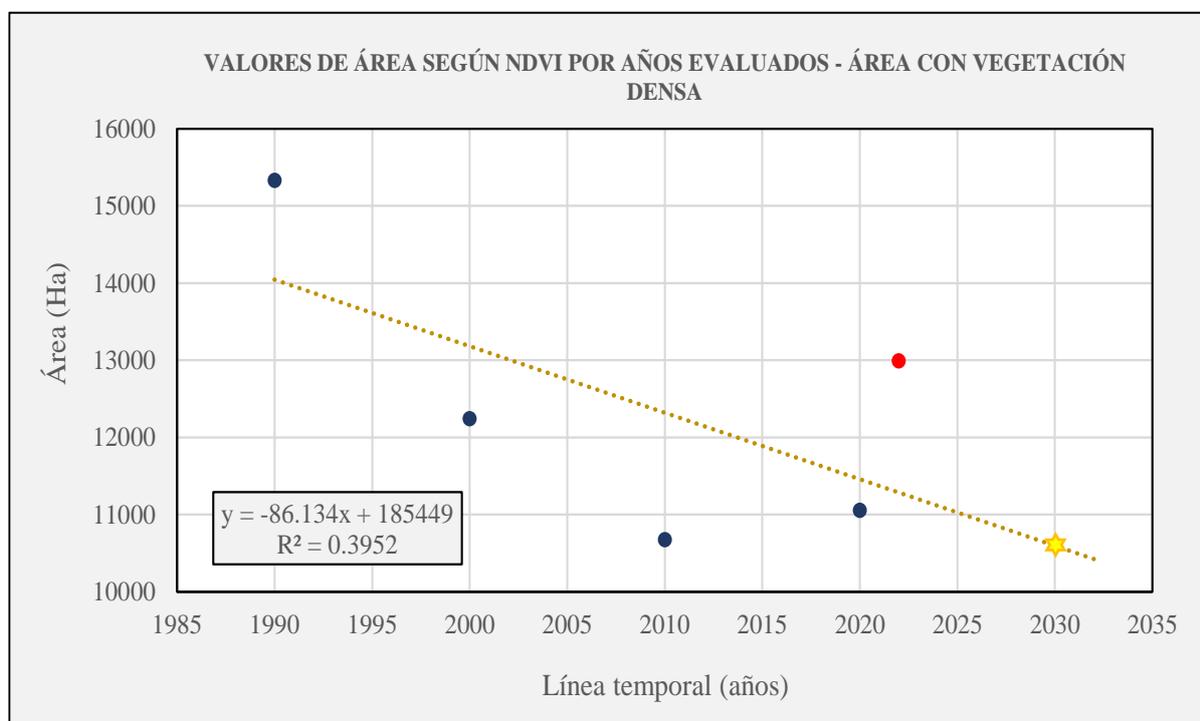


La gráfica anteriormente mostrada evidencia una tendencia lineal positiva entre los valores del índice NDVI en la categoría “Área con vegetación densa” desde los años 1990 – 2022 (coeficiente de determinación de 0.3094). En esta se muestra una gran dispersión,

especialmente hasta el año 2010, entre los valores respecto de la recta teórica, evidenciando un incremento casi sostenido. Esto podría deberse a que dichas áreas boscosas o agrícolas densas están en proceso de incremento progresivo, por efecto de la producción y procesamiento del café y otros cultivos del distrito, o por medio de actividades de reforestación, las que contribuyen al incremento de su calidad vegetal, cuidado y nutrición. El valor de validación correspondiente al año 2022 mostró un valor de crecimiento en cuanto al valor del índice esperado; sin embargo, ajustó la recta respecto a la estimación para el año 2030, donde se proyecta un valor de 0.77 aproximadamente para dicha categoría. El año 2020 registró, según el modelo, el valor más alto alcanzado (mayor a 0.77) para dicha categoría, siendo el límite superior con relación al resto de años analizados.

### Figura 55

*Valores de área según índice NDVI por años evaluados – área con vegetación densa*

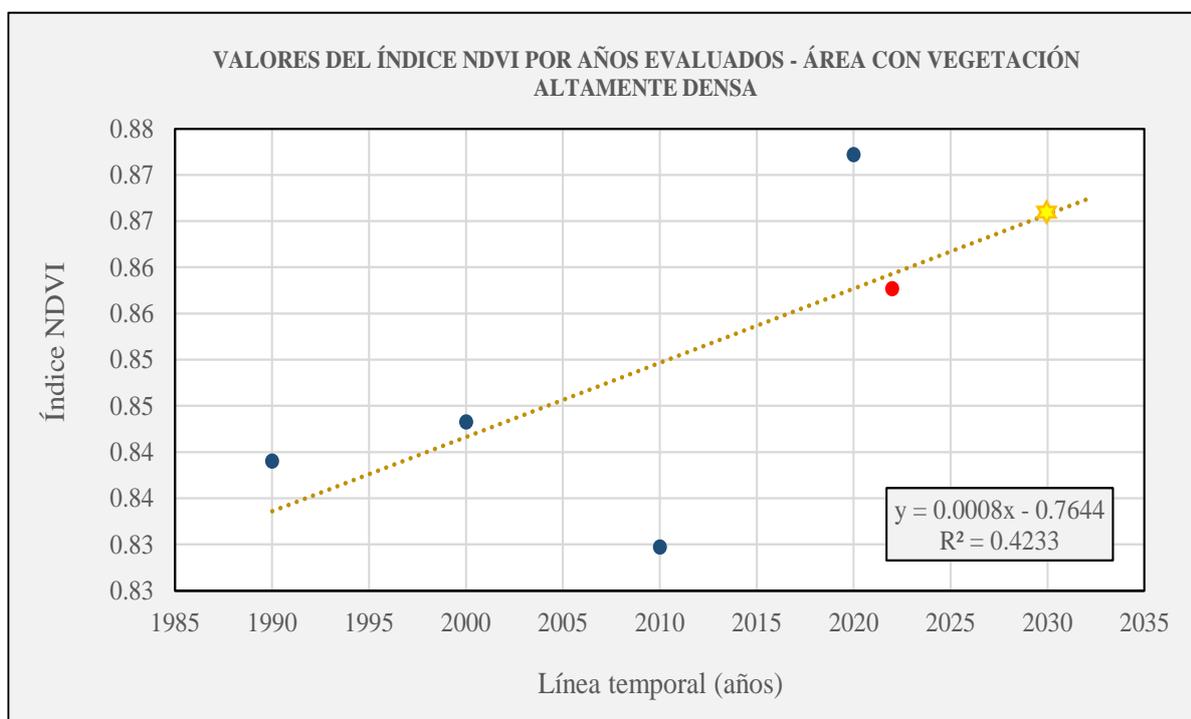


La gráfica anteriormente mostrada evidencia una tendencia lineal negativa entre los valores del área del índice NDVI en la categoría “Área con vegetación densa” desde los años

1990 – 2022 (coeficiente de determinación de 0.3952). En esta se muestra una moderada dispersión entre los valores respecto de la recta teórica, evidenciando un decremento casi sostenido entre estos. Esto podría deberse a que dichas áreas boscosas o agrícolas densas están en proceso de incremento progresivo, por efecto de la producción y procesamiento del café y otros cultivos, o por medio de actividades de reforestación para mantener los bosques secundarios existentes. El valor de validación correspondiente al año 2022 mostró un valor de decrecimiento en cuanto al área esperada; sin embargo, ajustó la recta respecto a la estimación para el año 2030, donde se proyecta un valor área de 200 Ha aproximadamente para dicha categoría. El año 2000 registró, según el modelo, el valor más bajo alcanzado (460 Ha) para dicha categoría, siendo el límite superior con relación al resto de años analizados.

### Figura 56

*Valores del índice NDVI por años evaluados – área con vegetación altamente densa*

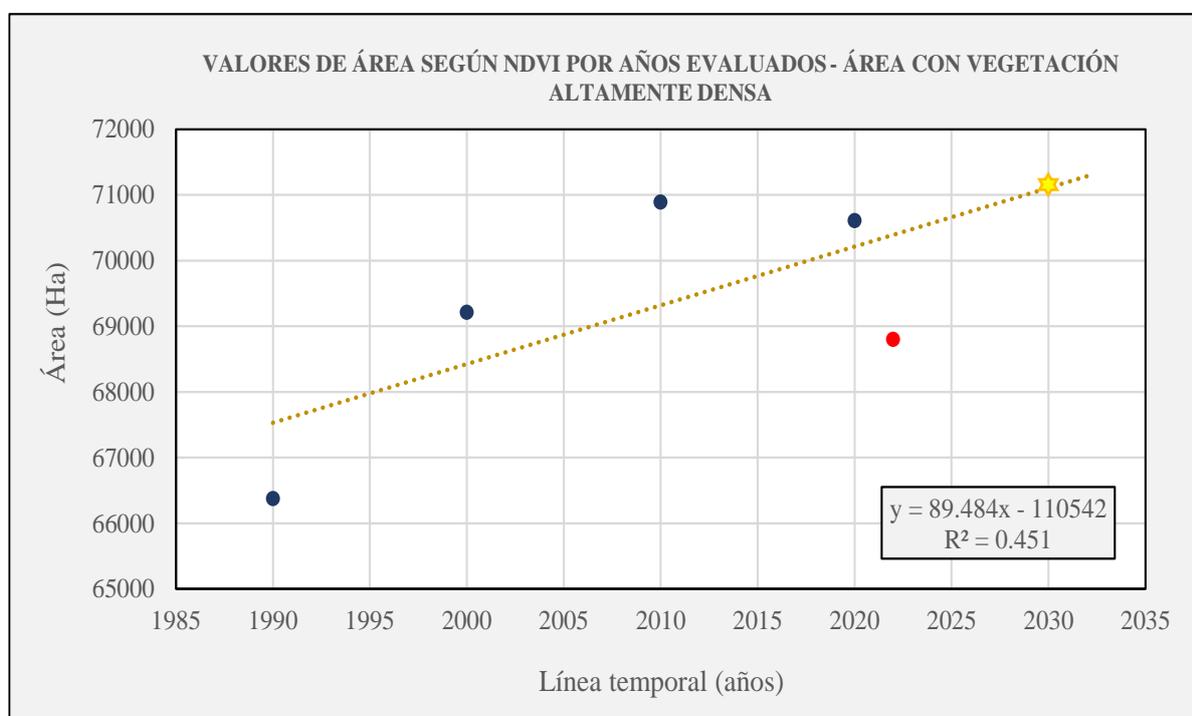


La gráfica anteriormente mostrada evidencia una tendencia lineal positiva entre los valores del índice NDVI en la categoría “Área con vegetación altamente densa” desde los años

1990 – 2022 (coeficiente de determinación de 0.4233). En esta se muestra una gran dispersión, especialmente hasta el año 2010, entre los valores respecto de la recta teórica, evidenciando un incremento casi sostenido. Esto podría deberse a que dichas áreas boscosas o agrícolas altamente densas están en proceso de incremento progresivo, por efecto de la producción y procesamiento del café y otros cultivos del distrito, o por medio de actividades de reforestación, las que contribuyen al incremento de su calidad vegetal, cuidado y nutrición. El valor de validación correspondiente al año 2022 mostró un valor de crecimiento en cuanto al valor del índice esperado; sin embargo, ajustó la recta respecto a la estimación para el año 2030, donde se proyecta un valor de 0.87 aproximadamente para dicha categoría. El año 2010 registró, según el modelo, el valor más alto alcanzado (cercano a 0.83) para dicha categoría, siendo el límite inferior con relación al resto de años analizados.

### Figura 57

*Valores de área según índice NDVI por años evaluados – área con vegetación altamente densa*



La gráfica anteriormente mostrada evidencia una tendencia lineal negativa entre los valores del área del índice NDVI en la categoría “Área con vegetación altamente densa” desde los años 1990 – 2022 (coeficiente de determinación de 0.4510). En esta se muestra una moderada dispersión entre los valores respecto de la recta teórica, evidenciando un incremento casi sostenido. Esto podría deberse a que dichas áreas boscosas o agrícolas altamente densas están en proceso de incremento progresivo, por efecto de la producción y procesamiento del café y otros cultivos, o por medio de actividades de reforestación para mantener los bosques secundarios existentes. El valor de validación correspondiente al año 2022 mostró un valor de decrecimiento en cuanto al área esperada; sin embargo, ajustó la recta respecto a la estimación para el año 2030, donde se proyecta un valor área de 71 100 Ha aproximadamente para dicha categoría. El año 1990 registró, según el modelo, el valor más bajo alcanzado (66 400 Ha) para dicha categoría, siendo el límite inferior con relación al resto de años analizados.

#### ***4.1.1. Descripción de los resultados parciales***

De lo anterior adjuntado, se puede indicar que para el análisis del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) en la categoría de “Área sin vegetación” a lo largo del periodo analizado (1990 – 2022), ha variado en un rango de 0.0011 a 0.0400, evidenciando un decremento en los periodos 1990 – 2000 y 2020 – 2022, e incremento en el periodo 2000 – 2020, teniendo en promedio un valor de 0.0112; así también, en cuanto al área (en Ha) de la categoría en mención, ha variado en un rango de 36.00 Ha a 42.30 Ha, evidenciando un incremento en el periodo 1990 – 2010 y decremento en el periodo 2010 – 2022, teniendo en promedio un valor de 39.64 Ha. La categoría de “Área con poca vegetación” ha variado en un rango de 0.1417 a 0.1564, evidenciando un incremento en los periodos 1990 – 2000 y 2020 – 2022, y decremento en el periodo 2000 – 2020, teniendo en promedio un valor de 0.1499; así también, en cuanto al área (en Ha) de la categoría en mención, ha variado en un rango de 24.03

Ha a 73.44 Ha, evidenciando un incremento en el periodo 1990 – 2000 y 2010 – 2020, y decremento en el periodo 2000 – 2010 y 2020 – 2022, teniendo en promedio un valor de 48.65 Ha. La categoría de “Vegetación menos moderada” ha variado en un rango de 0.2942 a 0.3045, evidenciando un decremento durante todo el periodo analizado; teniendo en promedio un valor de 0.3002; así también, en cuanto al área (en Ha) de la categoría en mención, ha variado en un rango de 101.16 Ha a 187.65 Ha, evidenciando un incremento en el periodo 1990 – 2000 y 2010 – 2020, y decremento en el periodo 2000 – 2010 y 2020 – 2022, teniendo en promedio un valor de 137.59 Ha. La categoría de “Vegetación moderada” ha variado en un rango de 0.4492 a 0.4539, evidenciando un decremento en el periodo 1990 – 2000 y 2010 – 2020, e incremento en el periodo 2000 – 2010 y 2020 – 2022; teniendo en promedio un valor de 0.4512; así también, en cuanto al área (en Ha) de la categoría en mención, ha variado en un rango de 189.90 Ha a 453.24 Ha, evidenciando un incremento en el periodo 1990 – 2000, y decremento en el periodo 2000 – 2022, teniendo en promedio un valor de 308.23 Ha.

La categoría de “Vegetación densa” ha variado en un rango de 0.7072 a 0.7727, evidenciando un decremento en los periodos 1990 – 2010, y un incremento en el periodo 2010 – 2022; teniendo en promedio un valor de 0.7447; así también, en cuanto al área (en Ha) de la categoría en mención, ha variado en un rango de 10676.52 Ha a 15330.78 Ha, evidenciando un decremento en el periodo 1990 – 2010, y un incremento en el periodo 2010 – 2022, teniendo en promedio un valor de 12458.00 Ha. Finalmente, la categoría de “Vegetación altamente densa” ha variado en un rango de 0.8297 a 0.8722, evidenciando un incremento en el periodo 1990 – 2000 y 2010 – 2020, y decremento en el periodo 2000 – 2010 y 2020 – 2022; teniendo en promedio un valor de 0.8484; así también, en cuanto al área (en Ha) de la categoría en mención, ha variado en un rango de 66376.44 Ha a 70891.65 Ha, evidenciando un incremento en el periodo 1990 – 2010, y decremento en el periodo 2010 – 2022, teniendo en promedio un valor de 69177.40 Ha.

Así mismo, la matriz de confusión obtenida para el análisis del año 2022 nos proporcionó una precisión global del 69.792 % y un índice Estadístico de Kappa de 0.606, correspondiente a una categoría de “Buena concordancia”. Esto se visualiza en la siguiente tabla:

**Tabla 35**

*Matriz de confusión para las categorías de los Índices de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) del año 2022 en el distrito de Villa Rica*

Categorías NDVI	Sin vegetación	Área con poca vegetación	Vegetación menos moderada	Vegetación moderada	Vegetación densa	Vegetación altamente densa	Precisiones
Sin vegetación	12	0	0	0	0	0	100.0%
Área con poca vegetación	2	2	0	0	1	0	40.0%
Vegetación menos moderada	3	0	4	0	2	0	44.4%
Vegetación moderada	0	0	0	8	6	5	42.1%
Vegetación densa	0	0	0	0	13	6	68.4%
Vegetación altamente densa	0	0	0	2	2	28	87.5%
Precisiones	70.6%	100.0%	100.0%	80.0%	54.2%	71.8%	<b>69.792%</b>

La tabla anteriormente añadida nos muestra el desarrollo de la matriz de confusión para las categorías de los Índices de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) del año 2022, donde las precisiones de estas van desde el 42.1 % (Vegetación Moderada) hasta el 100 % (Sin Vegetación), dando un promedio global de precisión del modelo de Clasificación Supervisada del 69.792 %.

De igual manera, en cuanto a la obtención del índice estadístico de Kappa, se muestra su tabla de obtención a continuación:

**Tabla 36**

*Obtención del estadístico Kappa de los Índices de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) del año 2022 en el distrito de Villa Rica*

	Índice	%
Po	0.697916667	69.79166667
Pe	0.232638889	23.26388889

$$k = \frac{po - pe}{1 - pe}$$

Dónde:

$k$  = Estadístico Kappa

$po$  = Precisión global

$pe$  = Proporción esperada

$$k = \frac{0.697916667 - 0.232638889}{1 - 0.232638889}$$

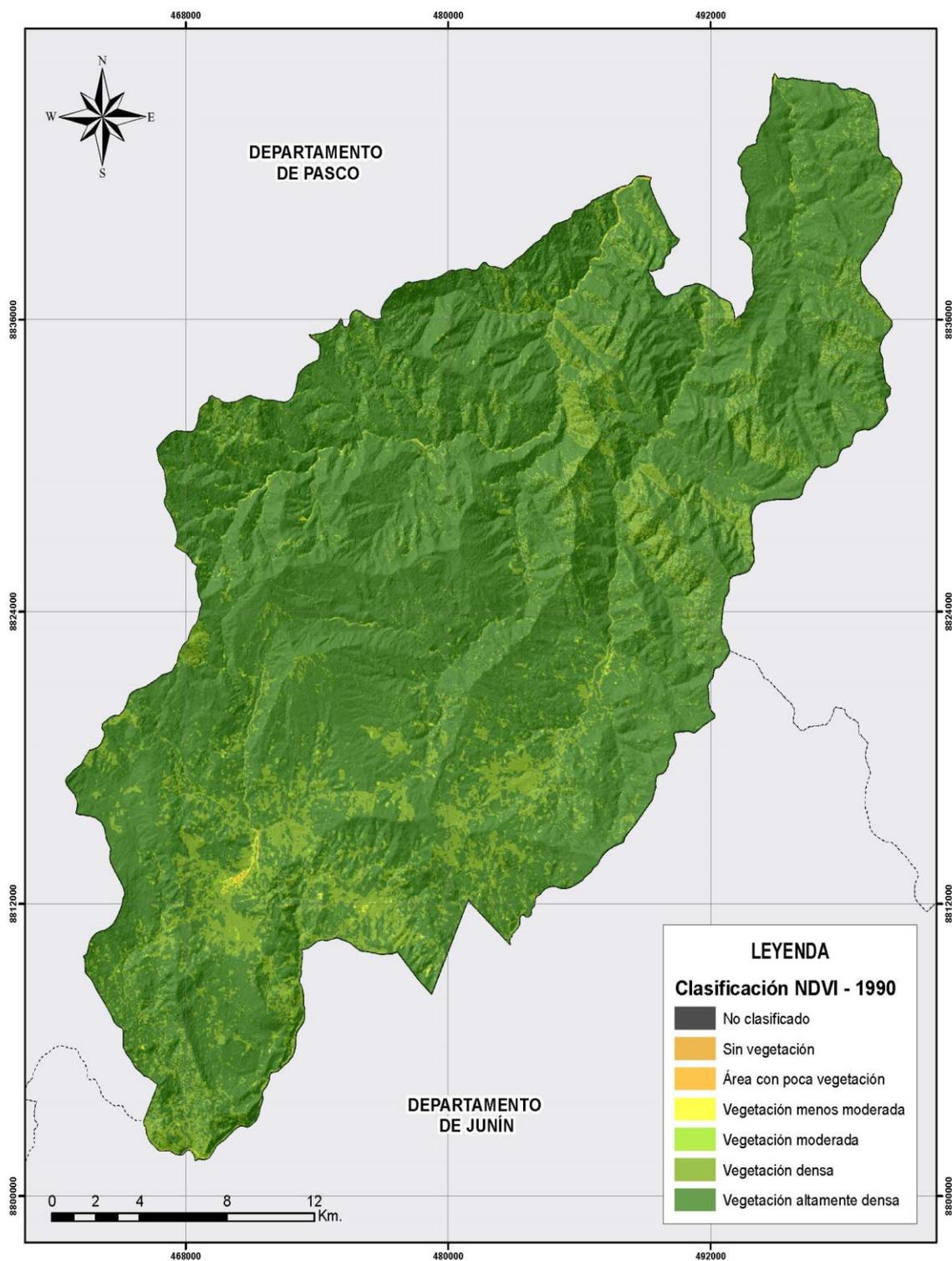
$$k = 0.6063$$

El cual, por estar ubicado dentro del rango [0.60 – 0.80], corresponde a la categoría de concordancia como de “Concordancia buena o considerable”

Adicionalmente a lo descrito en las tablas y lo visualizado en las gráficas correspondientes, se adjuntan los mapas generados (productos) correspondiente a los Índices de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) del distrito de Villa Rica para cada año de estudio analizado: 1990, 2000, 2010, 2020 y 2022:

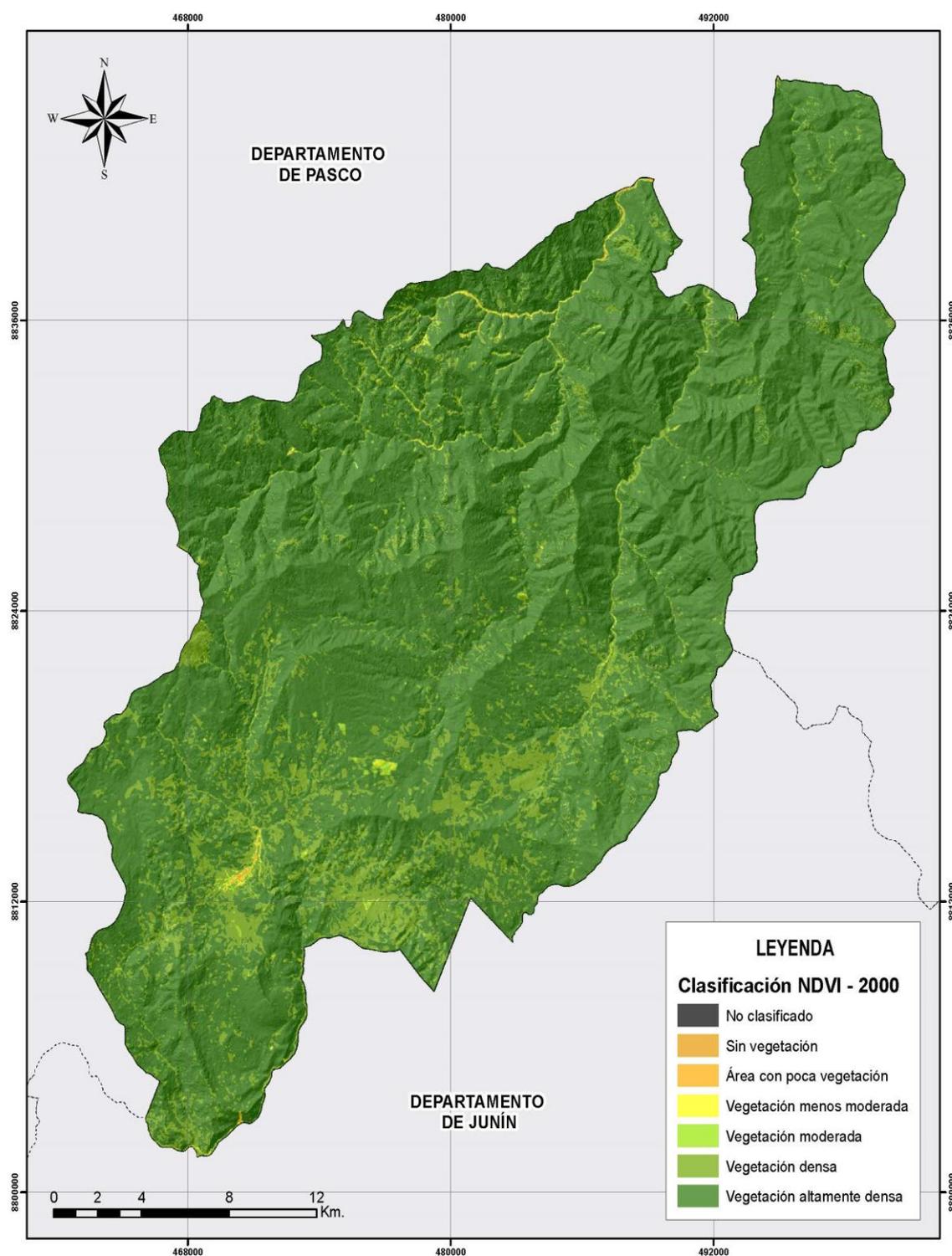
**Figura 58**

*Mapa del índice NDVI para el año 1990 del distrito de Villa Rica*



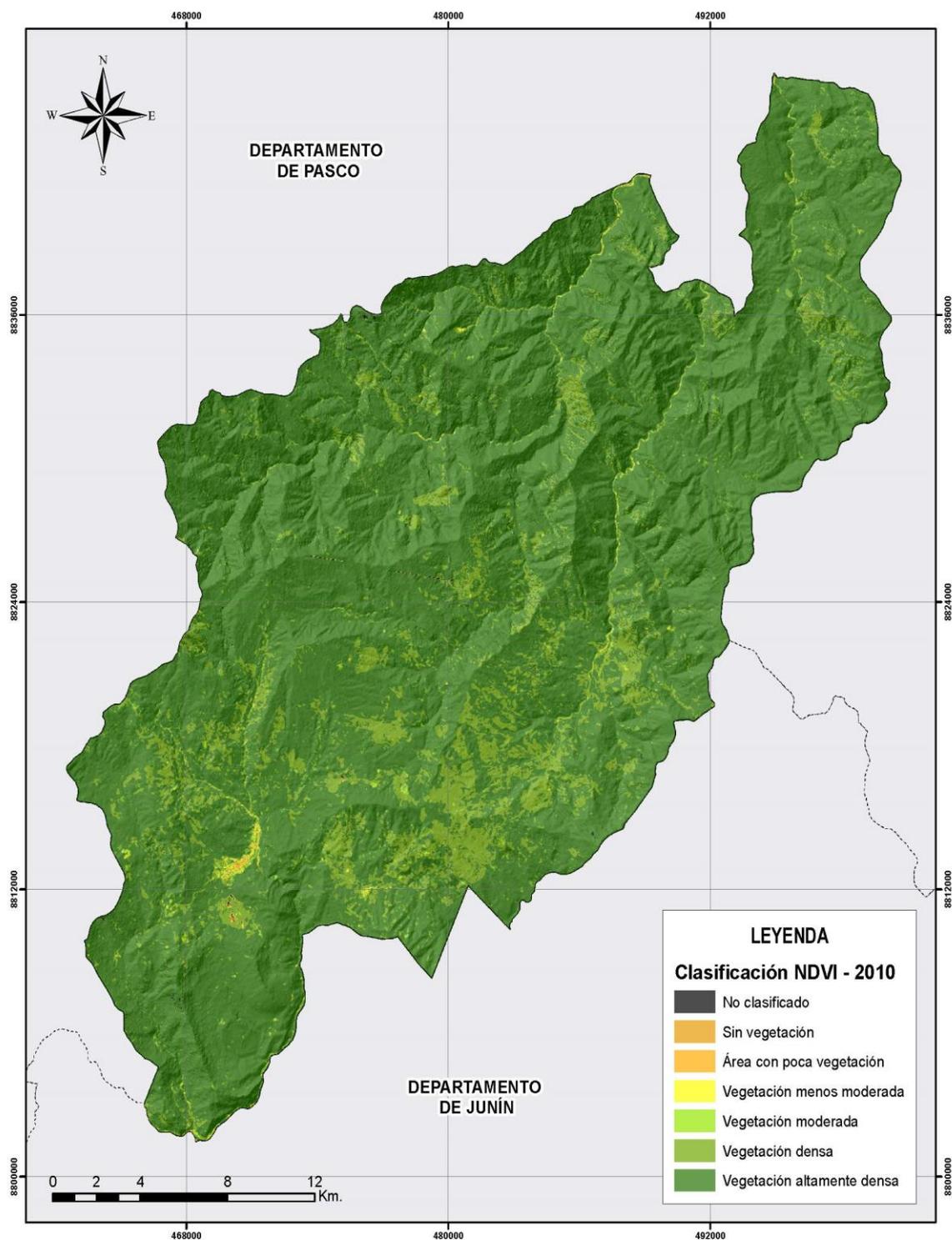
**Figura 59**

*Mapa del índice NDVI para el año 2000 del distrito de Villa Rica*



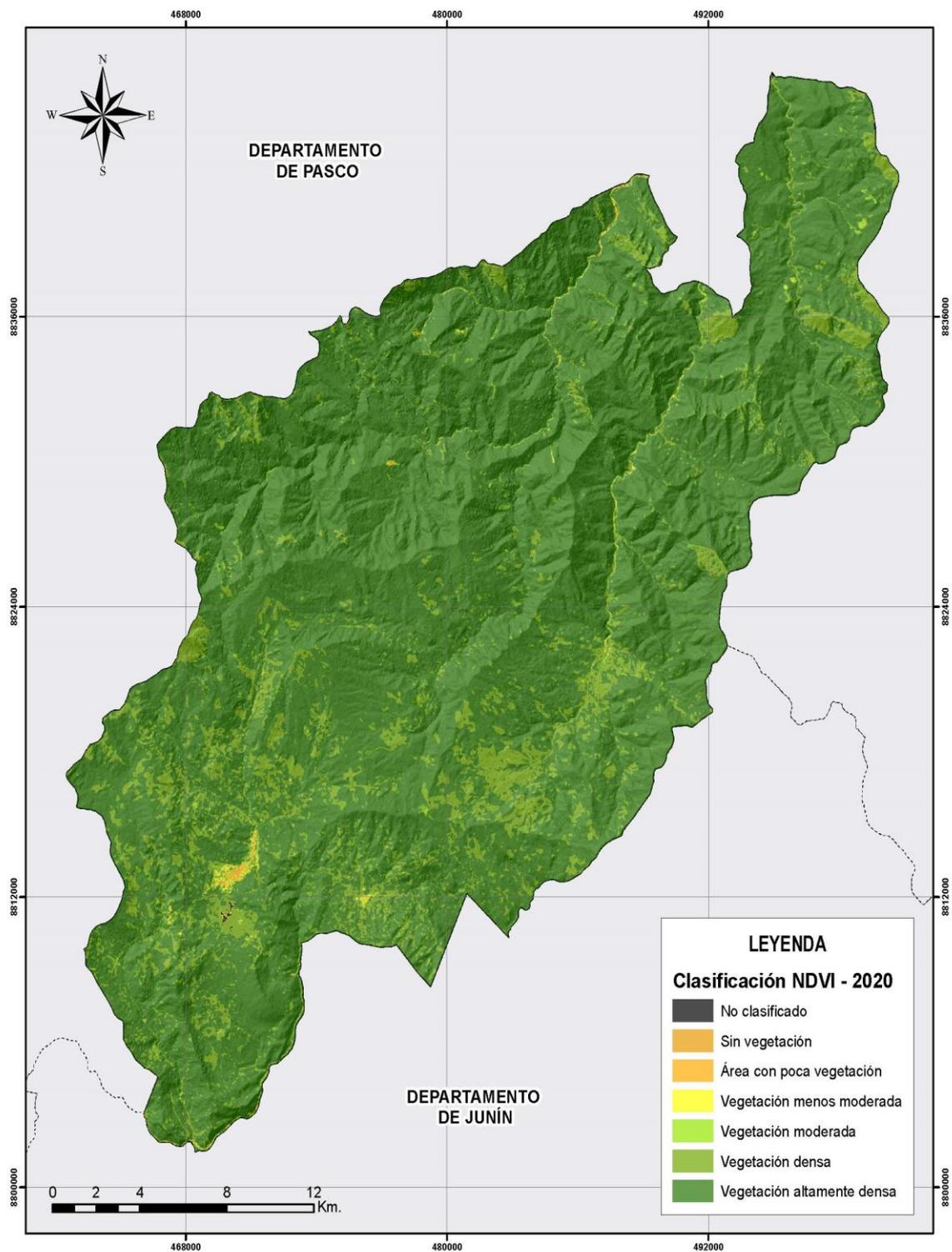
**Figura 60**

*Mapa del índice NDVI para el año 2010 del distrito de Villa Rica*



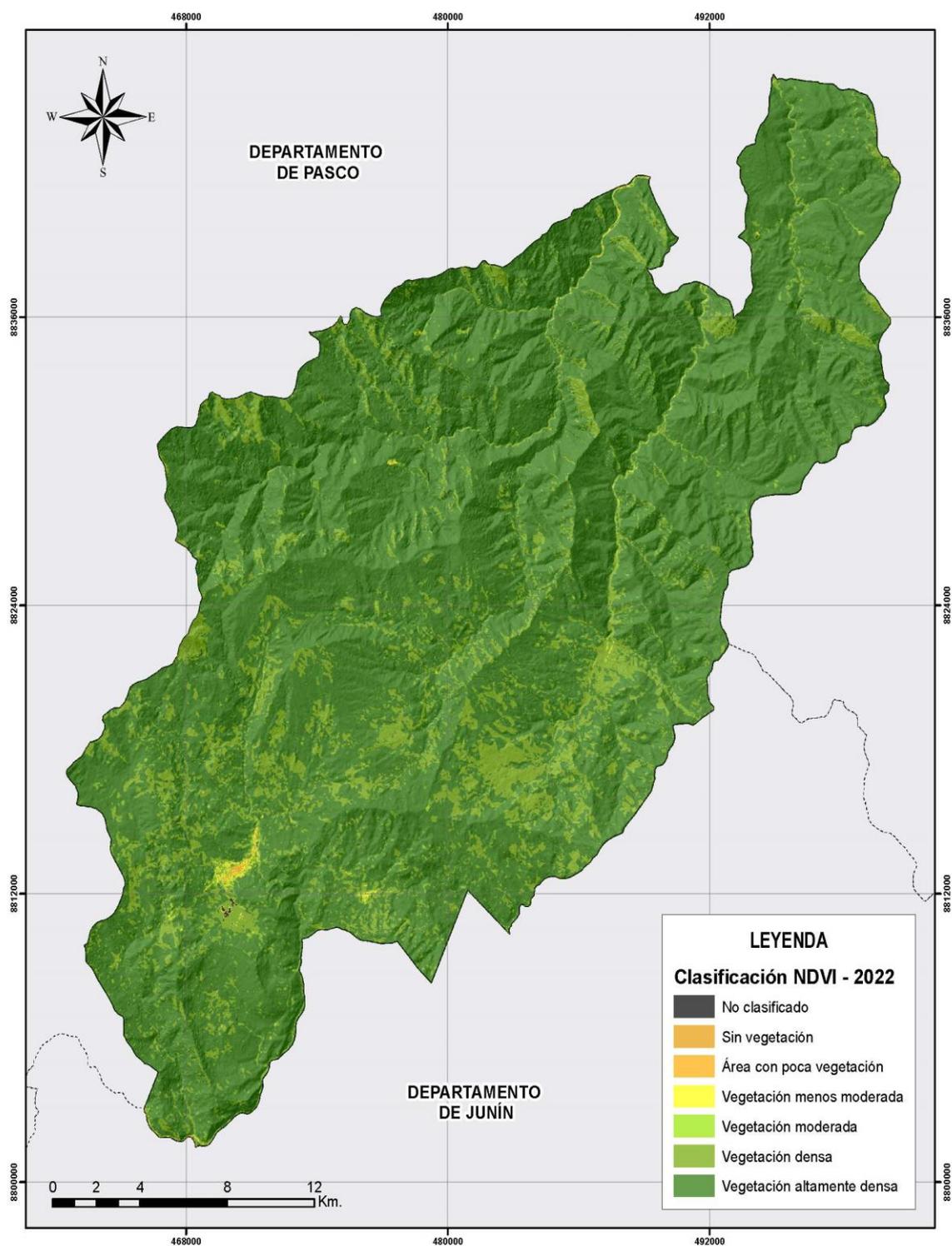
**Figura 61**

*Mapa del índice NDVI para el año 2020 del distrito de Villa Rica*



**Figura 62**

*Mapa del índice NDVI para el año 2022 del distrito de Villa Rica*



Estos mapas anteriormente mostrados se adjuntan en los Anexos del presente documento.

#### 4.2. Variación de las categorías del Uso Actual de la Tierra

Durante el periodo de análisis propuesto en el presente estudio, se evidenció una variación en las categorías del Uso Actual de la Tierra de cada imagen satelital evaluada según la Unión Geográfica Internacional (UGI). A continuación se mostrarán los valores estimados del área ocupada (en Ha) por cada rango evaluado, según año de estudio:

##### Año de análisis 1990:

**Tabla 37**

*Valores aproximados de área según categorías UGI para el año 1990*

Año de análisis 1990		
Categoría UGI identificada	Hectáreas (Ha)	% del territorio
Bosque	67457.571	82.07%
Árboles y otros cultivos perennes	8443.393	10.27%
Asentamientos y tierras no agrícolas asociadas	3559.691	4.33%
Tierras improductivas	2730.923	3.32%
Sumatoria	82191.578	100.00%

De la tabla anteriormente mostrada se evidencia la cantidad total de hectáreas en cada una de las categorías del Uso Actual de la Tierra del distrito de Villa Rica según la Unión Geográfica Internacional (UGI) para el año 1990. En esta se indica que la categoría delimitada como “Bosques” para el modelo de clasificación supervisada resultante obtuvo el 82.07 % del territorio distrital (67 457.571 Ha), siendo el mayor porcentaje de las categorías identificadas; por el contrario, las “Tierras Improductivas” tuvieron el menor porcentaje del territorio, con un 3.32 % (2 730.923 Ha), el cual fue similar al 4.33 % (3 559.691 Ha) de los “Asentamientos y tierras no agrícolas asociadas”. Los “Árboles y otros cultivos perennes” obtuvieron una mayor proporción, la cual fue superior al 10 % del área distrital (8 443.393 Ha).

**Tabla 38***Valores aproximados de área según categorías UGI para el año 2000*

Año de análisis 2000		
Categoría UGI identificada	Hectáreas (Ha)	% del territorio
Bosque	66058.170	80.37%
Árboles y otros cultivos perennes	5148.001	6.26%
Asentamientos y tierras no agrícolas asociadas	3599.945	4.38%
Tierras improductivas	7385.462	8.99%
<b>SUMATORIA</b>	<b>82191.578</b>	<b>100.00%</b>

De la tabla anteriormente mostrada se evidencia la cantidad total de hectáreas en cada una de las categorías del Uso Actual de la Tierra del distrito de Villa Rica según la Unión Geográfica Internacional (UGI) para el año 2000. En esta se indica que la categoría delimitada como “Bosques” para el modelo de clasificación supervisada resultante obtuvo el 80.37 % del territorio distrital (66 058.170 Ha) (menor valor respecto al periodo del año 1990 analizado), siendo igualmente el mayor porcentaje de las categorías identificadas. Por el contrario, los “Asentamientos y tierras no agrícolas asociadas” tuvieron el menor porcentaje del territorio, a diferencia del año 1990, con un 4.38 % (3 599.945 Ha), el cual fue menor al 6.26 % (5 148.001 Ha) de los “Árboles y otros cultivos perennes” (cuyo valor fue menor al 10.27 % del año 1990), y al 8.99 % (7 385.462 Ha) de las “Tierras improductivas”, un valor mucho mayor al anterior registrado posiblemente producto de actividades de deforestación y/o derrumbes, respecto del área total del distrito.

**Tabla 39***Valores aproximados de área según categorías UGI para el año 2010*

Año de análisis 2010		
Categoría UGI identificada	Hectáreas (Ha)	% del territorio
Bosque	68551.989	83.41%
Árboles y otros cultivos perennes	6586.744	8.01%
Asentamientos y tierras no agrícolas asociadas	2160.657	2.63%
Tierras improductivas	4892.188	5.95%
<b>SUMATORIA</b>	<b>82191.578</b>	<b>100.00%</b>

De la tabla anteriormente mostrada se evidencia la cantidad total de hectáreas en cada una de las categorías del Uso Actual de la Tierra del distrito de Villa Rica según la Unión Geográfica Internacional (UGI) para el año 2010. En esta se indica que la categoría delimitada como “Bosques” para el modelo de clasificación supervisada resultante obtuvo el 83.41 % del territorio distrital (68 551.989 Ha) (ligeramente un mayor valor respecto al periodo del año 2000 analizado), siendo igualmente el mayor porcentaje de las categorías identificadas. Por el contrario, los “Asentamientos y tierras no agrícolas asociadas” tuvieron el menor porcentaje del territorio con un 2.63 % (2 160.657 Ha), similar en orden según el año 2000, seguidos por la categoría de “Tierras improductivas” el cual alcanzó un 5.95 % (4 892.188 Ha), y finalmente los “Árboles y otros cultivos perennes”, cuyo valor alcanzado fue de 8.01 %, superior al 6.26 % del año 2000.

#### **Tabla 40**

*Valores aproximados de área según categorías UGI para el año 2020*

Año de análisis 2020		
Categoría UGI identificada	Hectáreas (Ha)	% del territorio
Bosque	69064.898	84.03%

Año de análisis 2020		
Categoría UGI identificada	Hectáreas (Ha)	% del territorio
Árboles y otros cultivos perennes	2286.551	2.78%
Asentamientos y tierras no agrícolas asociadas	2814.011	3.42%
Tierras improductivas	8026.118	9.77%
<b>SUMATORIA</b>	<b>82191.578</b>	<b>100.00%</b>

De la tabla anteriormente mostrada se evidencia la cantidad total de hectáreas en cada una de las categorías del Uso Actual de la Tierra del distrito de Villa Rica según la Unión Geográfica Internacional (UGI) para el año 2020. En esta se indica que la categoría delimitada como “Bosques” para el modelo de clasificación supervisada resultante obtuvo el 84.03 % del territorio distrital (69 064.898 Ha) (un mayor valor respecto al periodo del 2010 analizado), siendo igualmente el mayor porcentaje de las categorías identificadas. Por el contrario, los “Árboles y otros cultivos perennes” tuvieron el menor porcentaje del territorio, evidenciando una considerable reducción del 8.01 % en el periodo 2010 al 2.78 % en el periodo 2020 (4 300 Ha de diferencia), posiblemente debido al sesgo del modelo, así como al uso de áreas de bosque para el aprovechamiento de la sombra en los cultivos (específicamente para el cultivo del café). Por otra parte, la categoría de “Asentamientos y tierras no agrícolas asociadas” aumentó ligeramente en área de 2 160.657 Ha en el 2010 a 2 814.011 Ha en el 2020 evidenciando un aumento porcentual del 0.79 %. Finalmente, la categoría de “Tierras improductivas” manifestó un incremento del 5.95 % en el año 2010 a 9.77% en el año 2020, respecto del área total del distrito, posiblemente debido a varios factores, como la deforestación que pudo haber tenido influencia el inicio de la pandemia del COVID-19.

#### **Tabla 41**

*Valores aproximados de área según categorías UGI para el año 2022*

Año de análisis 2022		
Categoría UGI identificada	Hectáreas (Ha)	% del territorio
Bosque	67587.518	82.23%
Árboles y otros cultivos perennes	8807.522	10.72%
Asentamientos y tierras no agrícolas asociadas	1900.705	2.31%
Tierras improductivas	3895.833	4.74%
<b>SUMATORIA</b>	<b>82191.578</b>	<b>100.00%</b>

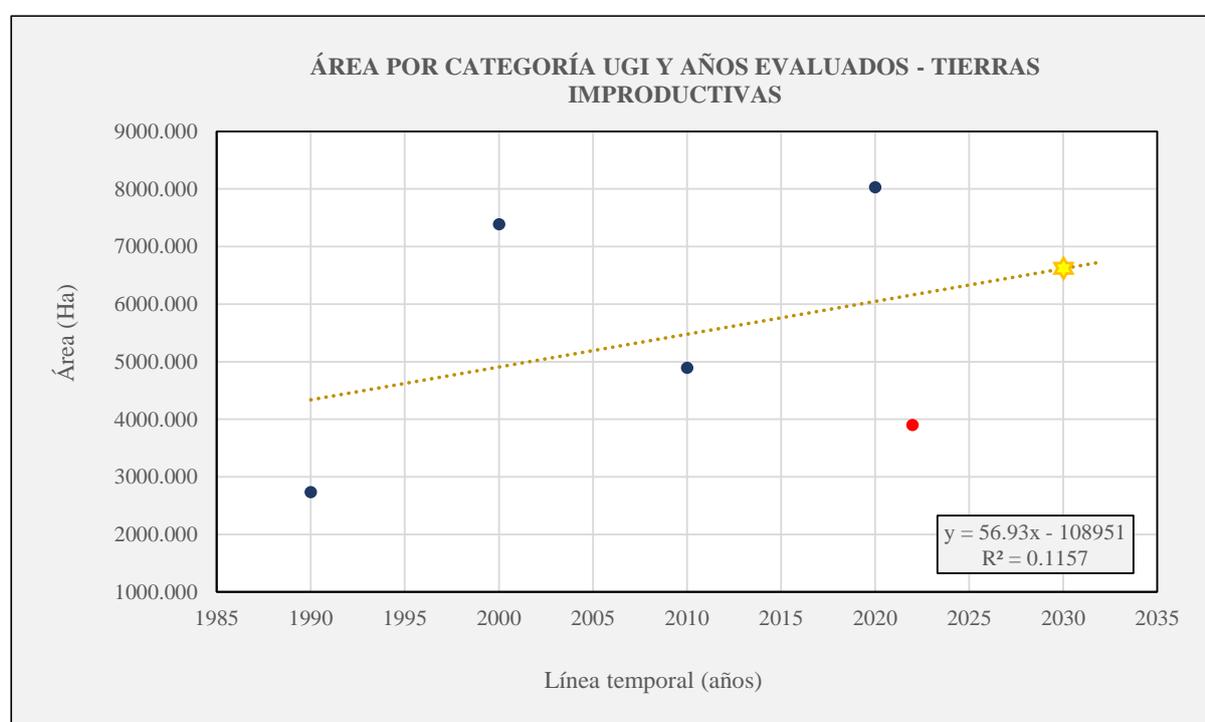
De la tabla anteriormente mostrada se evidencia la cantidad total de hectáreas en cada una de las categorías del Uso Actual de la Tierra del distrito de Villa Rica según la Unión Geográfica Internacional (UGI) para el año 2022. En esta se indica que la categoría delimitada como “Bosques” para el modelo de clasificación supervisada resultante obtuvo el 82.23 % del territorio distrital (67 587.518 Ha) (menor al periodo de 2020 analizado, considerando la variación de solo dos años en aproximación), siendo igualmente el mayor porcentaje de las categorías identificadas. Por el contrario, los “Asentamientos y tierras no agrícolas asociadas” tuvieron el menor porcentaje del territorio, incluso respecto del resto de años analizados, con un 2.31 % (1 900.705 Ha), el cual fue menor al 2.63 % (2 160.657 Ha) del año 2010, posiblemente asociado con una dinámica poblacional migratoria y relativa estabilidad en la cantidad de personas en el distrito (mínimo crecimiento), o el incremento de viviendas dentro de zonas no poblacionales por fines agrícolas. La categoría de “Árboles y otros cultivos perennes” encontró el máximo valor registrado en el análisis realizado (sin embargo, con una gran dispersión en la recta teórica de regresión), existiendo aparentemente un incremento de área sustancial en relación con el año 2020, posiblemente por la inexactitud del modelo, la calidad de la imagen satelital, la estacionalidad vegetal u otro factor desconocido. Finalmente, la categoría “Tierras improductivas” evidenció, por el contrario a la categoría anteriormente

indicada, un decremento considerable al 4.74% (3 895.833 Ha), un valor mucho menor al anterior registrado, a lo mejor producto de las causas anteriormente sustentadas.

A lo anterior indicado, se añaden las gráficas correspondientes que evidencian la tendencia de las áreas calculadas de cada una de las categorías de la Unión Geográfica Internacional (UGI) evaluadas, así como su probable proyección para el año 2030, junto con sus ecuaciones de ajuste y coeficientes de determinación ( $R^2$ ):

### Figura 63

*Valores de área por años evaluados según categoría UGI: Tierras Improductivas*

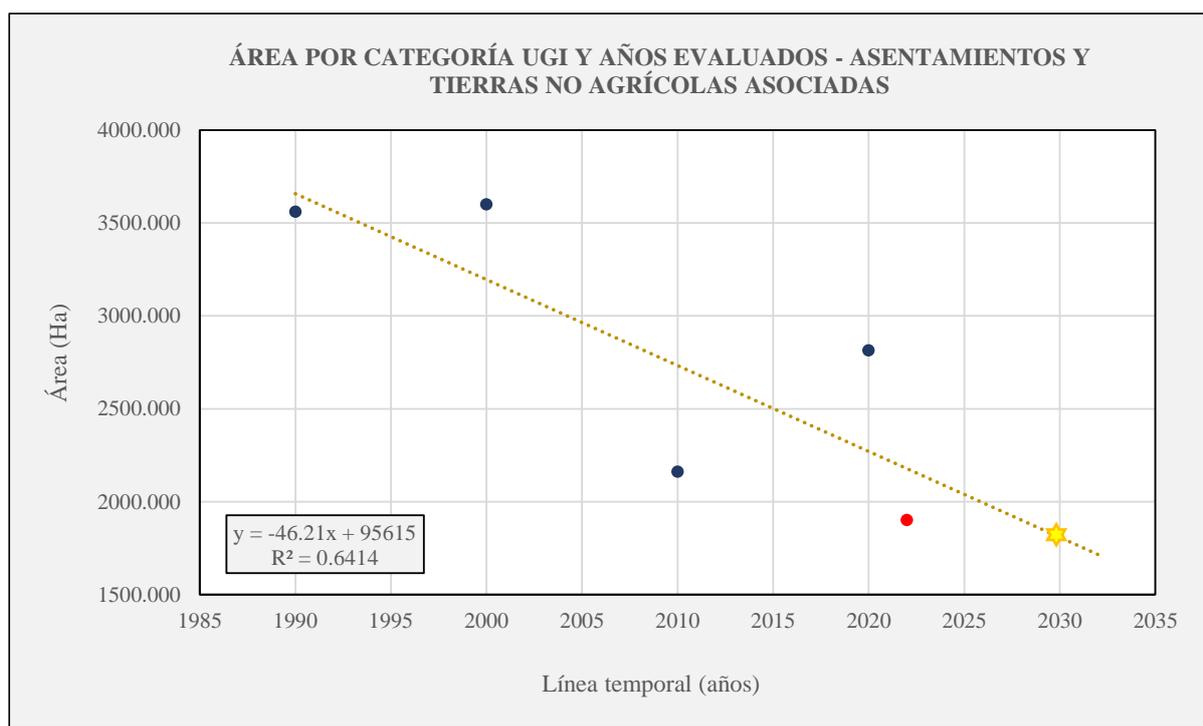


La gráfica anteriormente mostrada evidencia una baja tendencia lineal positiva entre los valores del área según la UGI en la categoría “Tierras improductivas” desde los años 1990 – 2022 (coeficiente de determinación de 0.1157). En esta se muestra una gran dispersión entre los valores respecto de la recta teórica, evidenciando un incremento casi sostenido a lo largo del tiempo. Esto podría deberse a que ciertas áreas están en proceso de incremento progresivo, no tan perceptivo a nivel de distrito, por efecto de la preparación de tierras de cultivos en el

distrito, por medio de actividades de deforestación (aserraderos), o los desastres naturales (derrumbes de laderas), entre otros motivos. El valor de validación correspondiente al año 2022 mostró un valor de decrecimiento en cuanto al valor del índice esperado; sin embargo, ajustó la recta respecto a la estimación para el año 2030, donde se proyecta un valor de 6700 Ha aproximadamente para dicha categoría. El año 2020 registró, según el modelo, el valor más alto alcanzado (aproximadamente 8 000 Ha) para dicha categoría, siendo el límite superior con relación al resto de años analizados.

### Figura 64

*Valores de área por años evaluados según categoría UGI: Asentamientos y tierras no agrícolas asociadas*

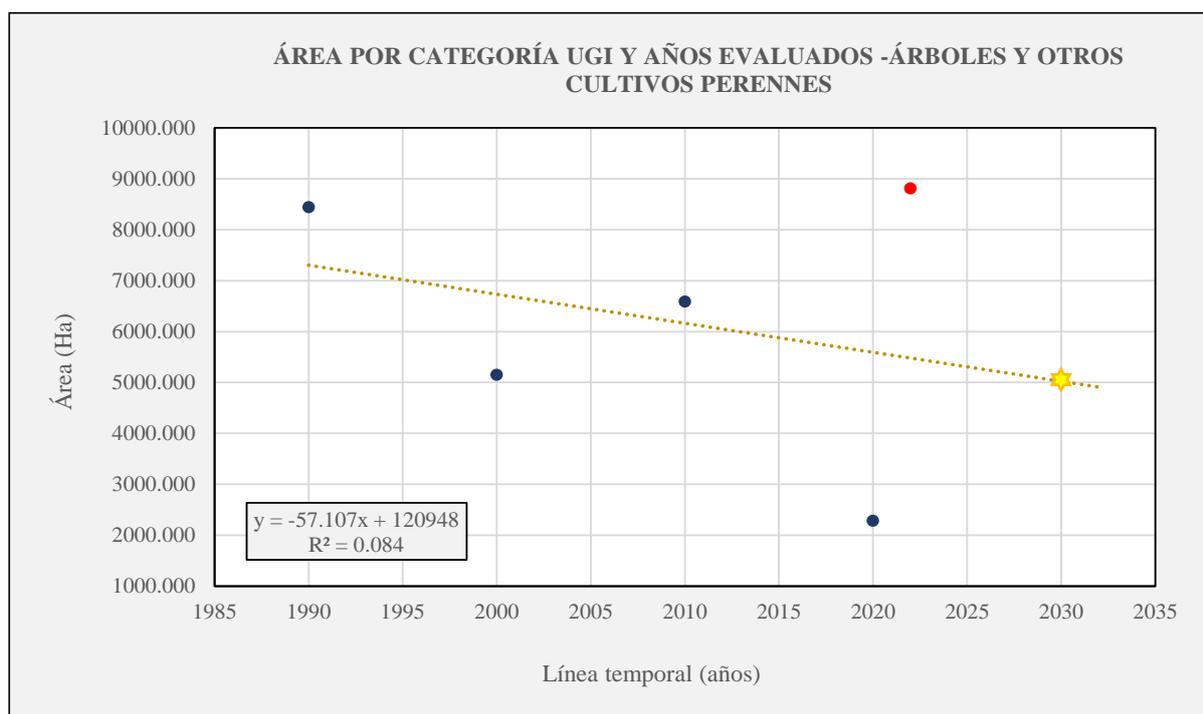


La gráfica anteriormente mostrada evidencia una tendencia lineal negativa entre los valores del área según la UGI en la categoría “Asentamientos y tierras no agrícolas asociadas” desde los años 1990 – 2022 (coeficiente de determinación de 0.6414). En esta se muestra una mediana dispersión entre los valores respecto de la recta teórica, evidenciando un decremento

casi sostenido a lo largo del tiempo. Esto podría deberse posiblemente por el bajo índice de crecimiento poblacional del distrito, la tasa de migración interna a otros departamentos, al movimiento a zonas periurbanas u zonas rurales (por la demanda de cosecha de diversos productos, como el café), al incremento de áreas verdes (parques, etc.), u otros motivos. El valor de validación correspondiente al año 2022 mostró un valor de decrecimiento en cuanto al valor del índice esperado; sin embargo, ajustó la recta respecto a la estimación para el año 2030, donde se proyecta un valor de 1 800 Ha aproximadamente para dicha categoría. El año 2020 registró, según el modelo, el valor más bajo alcanzado (aproximadamente 1 900 Ha) para dicha categoría, siendo el límite inferior con relación al resto de años analizados.

### Figura 65

*Valores de área por años evaluados según categoría UGI: Árboles y otros cultivos perennes*

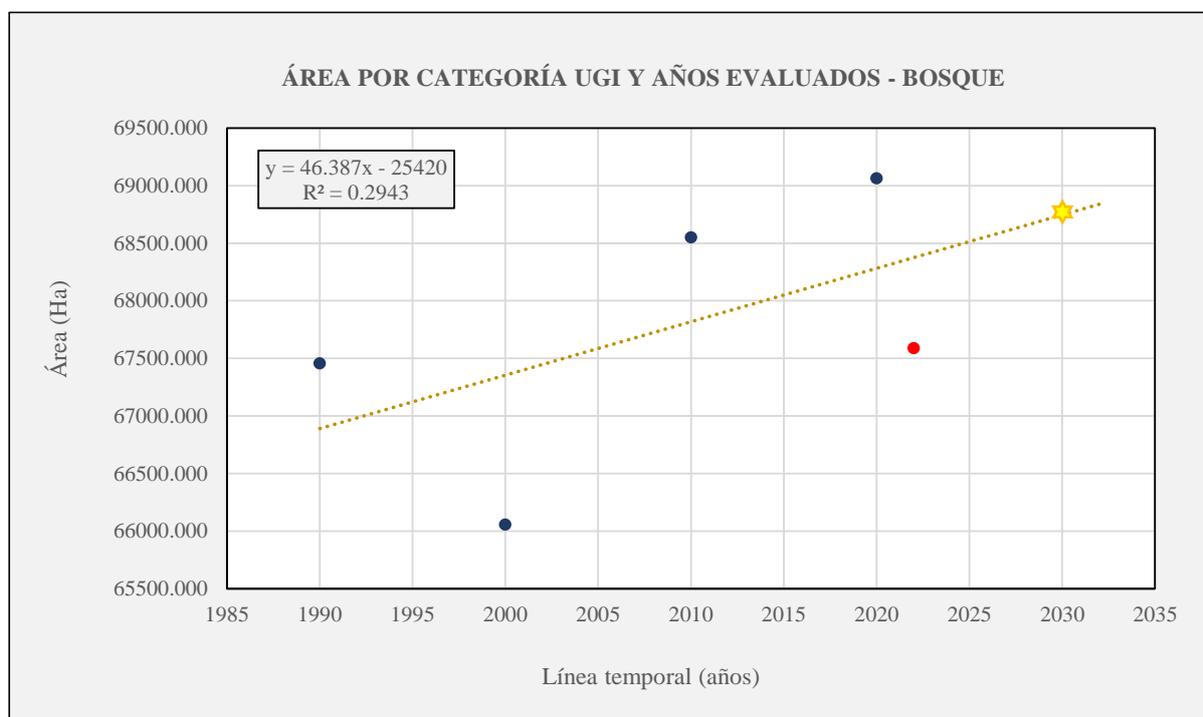


La gráfica anteriormente mostrada evidencia una tendencia lineal negativa entre los valores del área según la UGI en la categoría “Árboles y otros cultivos perennes” desde los años 1990 – 2022 (coeficiente de determinación de 0.084). En esta se muestra una casi total

dispersión entre los valores respecto de la recta teórica, evidenciando un decremento casi sostenido a lo largo del tiempo. Este aparente decremento podría deberse al aprovechamiento de zonas boscosa para, por ejemplo, realizar el sembrío de plantaciones de café (lo cual a nivel satelital haría imposible su detección), a la existencia de sembríos que hayan sido detectados como vegetación boscosa (reduciendo en número), u otros motivos no identificados por el autor. El valor de validación correspondiente al año 2022 mostró un valor de crecimiento en cuanto al valor del índice esperado; sin embargo, ajustó la recta respecto a la estimación para el año 2030, donde se proyecta un valor de 5 000 Ha aproximadamente para dicha categoría. El año 2020 registró, según el modelo, el valor más alto alcanzado (aproximadamente 8 800 Ha) para dicha categoría, siendo el límite superior con relación al resto de años analizados.

### Figura 66

*Valores de área por años evaluados según categoría UGI: Bosques*



La gráfica anteriormente mostrada evidencia una tendencia lineal positiva entre los valores del área según la UGI en la categoría “Bosque” desde los años 1990 – 2022 (coeficiente

de determinación de 0.2943). En esta se muestra una gran dispersión entre los valores respecto de la recta teórica, evidenciando un incremento casi sostenido a lo largo del tiempo. Este aparente incremento podría deberse a los programas de conservación y reforestación del distrito, a una mayor conciencia ambiental en torno a la protección de recursos naturales y sus beneficios al entorno, a una mejor gestión de las Áreas Naturales Protegidas (ANP), a la exactitud del modelo, la estacionalidad evidenciada, así como otros motivos. El valor de validación correspondiente al año 2022 mostró un valor de decrecimiento en cuanto al valor del índice esperado; sin embargo, ajustó la recta respecto a la estimación para el año 2030, donde se proyecta un valor de 68 750 Ha aproximadamente para dicha categoría. El año 2000 registró, según el modelo, el valor más alto alcanzado (aproximadamente 66 000 Ha) para dicha categoría, siendo el límite inferior con relación al resto de años analizados.

#### ***4.2.1. Descripción de los resultados parciales***

De lo anterior adjuntado, se puede indicar que para el análisis del Uso Actual de la Tierra según la clasificación de la Unión Geográfica Internacional (UGI), en la categoría de “Bosque” a lo largo del periodo analizado (1990 – 2022), ha variado en un rango de 66058.17 Ha a 69064.898 Ha, evidenciando un decremento en los periodos 1990 – 2000 y 2020 – 2022, e incremento en el periodo 2000 – 2020; teniendo en promedio un valor de 67 744.029 Ha. La categoría de “Árboles y otros cultivos perennes” ha variado en un rango de 2286.551 Ha a 8807.522 Ha, evidenciando un decremento en los periodos 1990 – 2000 y 2010 – 2020, e incremento en el periodo 2000 – 2010 y 2020 – 2022; teniendo en promedio un valor de 6254.442 Ha. La categoría de “Asentamientos y tierras no agrícolas asociadas” ha variado evidenciando un decremento en los periodos 2000 – 2010 y 2020 – 2022, e incremento en los periodos 1990 – 2000 y 2010 – 2020. Finalmente, la categoría de “Tierras improductivas” ha variado en un rango de 2730.923 Ha a 8026.118 Ha, evidenciando un incremento en los periodos 1990 – 2000 y 2010 – 2020, y decremento en el periodo 2000 – 2010 y 2020 – 2022;

teniendo en promedio un valor de 5386.105 Ha.

Así mismo, la matriz de confusión obtenida para el análisis del año 2022 nos proporcionó una precisión global del 60.417 % y un índice Estadístico de Kappa de 0.4649, correspondiente a una categoría de “Moderada concordancia”. Esto se visualiza en la siguiente tabla:

**Tabla 42**

*Matriz de confusión para las categorías del Uso Actual de Suelos del año 2022 en el distrito de Villa Rica*

Categorías UGI	Bosque	Árboles y otros cultivos perennes	Tierras improductivas	Asentamientos y tierras no agrícolas asociadas	Precisiones
Bosque	27	3	0	0	90.00%
Árboles y otros cultivos perennes	4	7	3	1	46.67%
Tierras improductivas	4	11	12	1	42.86%
Asentamientos y tierras no agrícolas asociadas	5	2	4	12	52.17%
Precisiones	67.50%	30.43%	63.16%	85.71%	60.42%

La tabla anteriormente añadida nos muestra el desarrollo de la matriz de confusión para las categorías de la Unión Geográfica Internacional (UGI) del año 2022, donde las precisiones de estas van desde el 42.86 % (Tierras improductivas) hasta el 90 % (Bosque), dando un promedio global de precisión del modelo de Clasificación Supervisada del 60.42 %.

Las bajas precisiones para las categorías “Árboles y otros cultivos perennes”, “Tierras improductivas” y “Asentamientos y tierras no agrícolas asociadas” se pueden explicar debido a la existencia de diversas áreas de cultivos ubicados bajo la sombra de árboles de mayor tamaño (pudiendo incluirse dentro de la categoría de “Bosques” de manera satelital), como por ejemplo los cultivos de café del distrito (encontrado en muchas partes dentro de las zonas evaluadas); así como de otros cultivos ubicados en campos con cubierta baja de vegetación (hierbas, pudiendo incluirse dentro de la categoría de “Tierra improductivas”) como los visualizados en los cultivos de granadilla. Así también, como el error producido por las áreas ubicadas cerca de la carretera (áreas de la categoría de “Asentamientos y tierras no agrícolas asociadas”) que pudieron ser catalogados por el programa GIS, por causa del tamaño del píxel principalmente, como áreas de vegetación boscosa, encontradas en muchos lados de estas. Lo anteriormente indicado se muestra en las siguientes imágenes:

### **Figura 67**

*Ejemplificación de área de cultivo de café en categoría de “Bosques”*

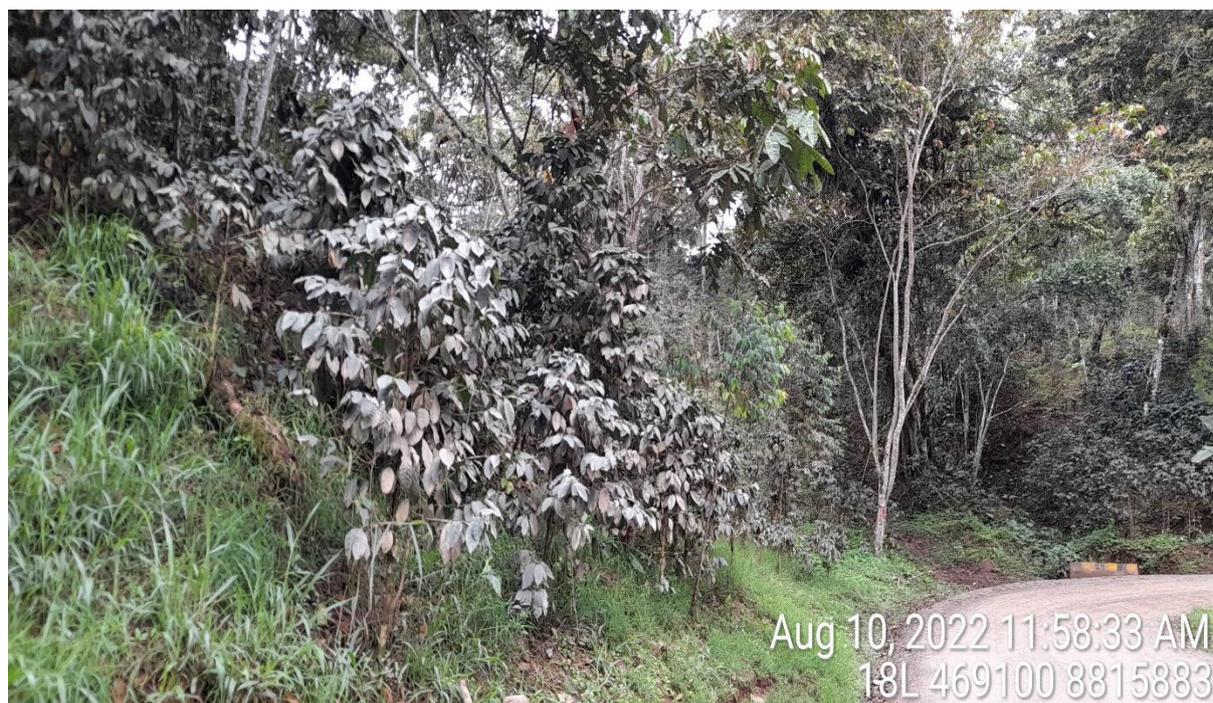


**Figura 68**

*Ejemplificación de área de cultivo de granadilla en categoría de “Tierras improductivas”*

**Figura 69**

*Ejemplificación de área de vía de tránsito (camino) al lado de la categoría de “Bosques”*



De igual manera, en cuanto a la obtención del índice estadístico de Kappa, se muestra su tabla de obtención a continuación:

**Tabla 43**

*Obtención del estadístico Kappa del Uso Actual de Suelos del año 2022 en el distrito de Villa Rica*

	Índice	%
Po	0.60416667	60.41666667
Pe	0.26030816	26.03081597

$$k = \frac{po - pe}{1 - pe}$$

Dónde:

$k$  = Estadístico Kappa

$po$  = Precisión global

$pe$  = Proporción esperada

$$k = \frac{0.60416667 - 0.26030816}{1 - 0.26030816}$$

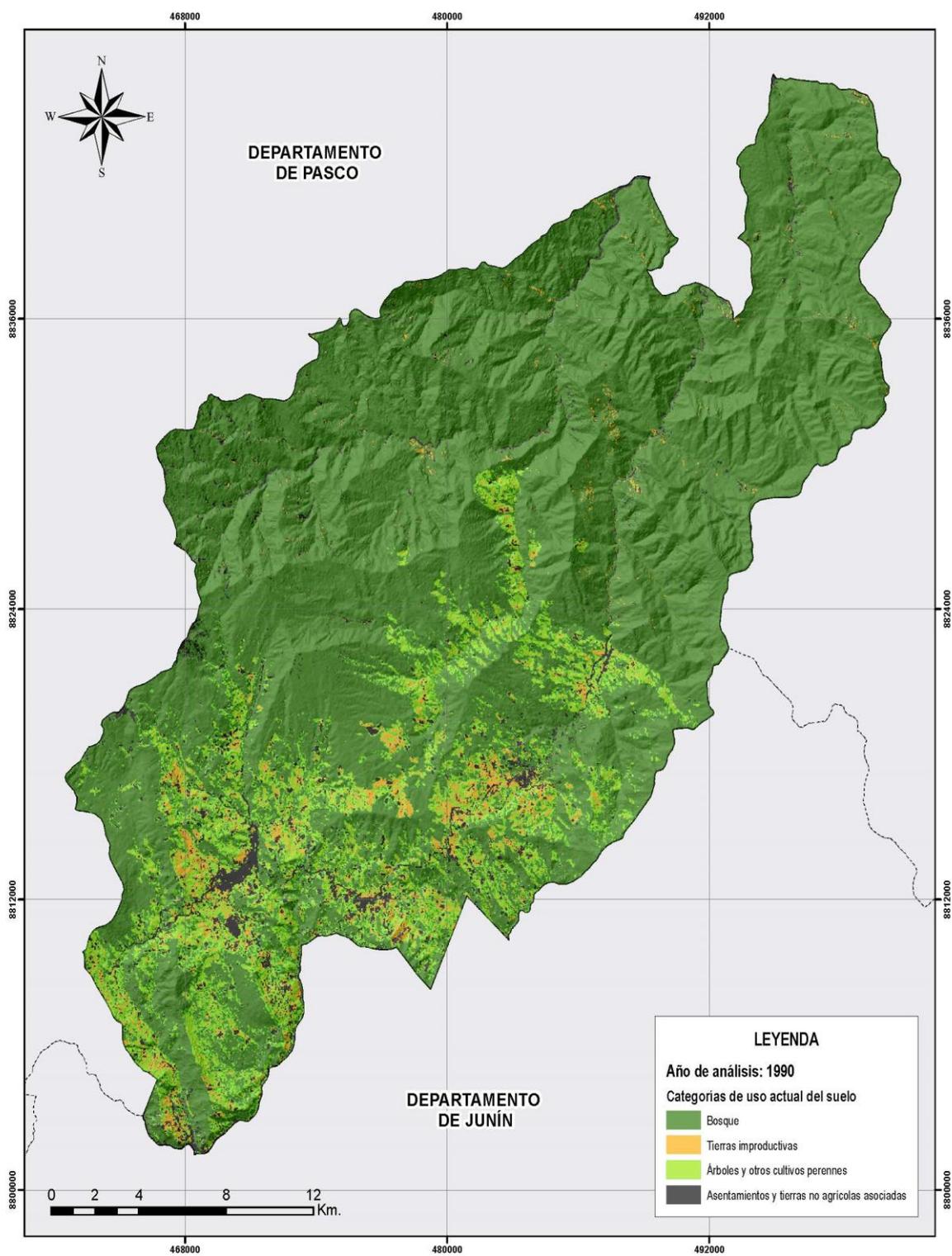
$$k = 0.4649$$

El cual, por estar ubicado dentro del rango [0.41 – 0.6], corresponde a la categoría de concordancia como de “Concordancia Moderada”.

Adicionalmente a lo descrito en las tablas y lo visualizado en las gráficas correspondientes, se adjuntan los mapas generados (productos) correspondiente a las categorías de la Unión Geográfica Internacional (UGI) evaluadas del distrito de Villa Rica para cada año de estudio: 1990, 2000, 2010, 2020 y 2022.

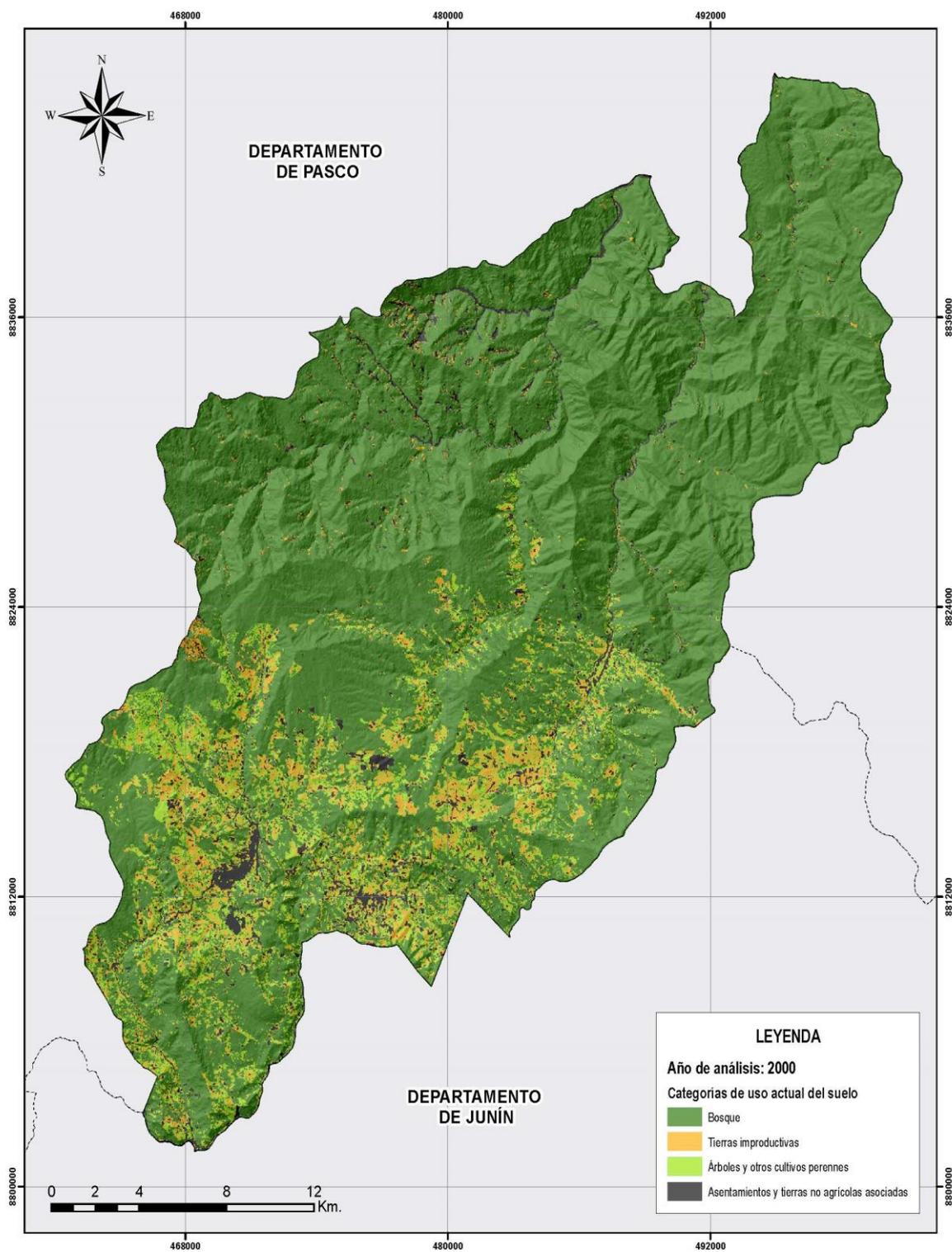
**Figura 70**

*Mapa de las categorías UGI para el año 1990 del distrito de Villa Rica*



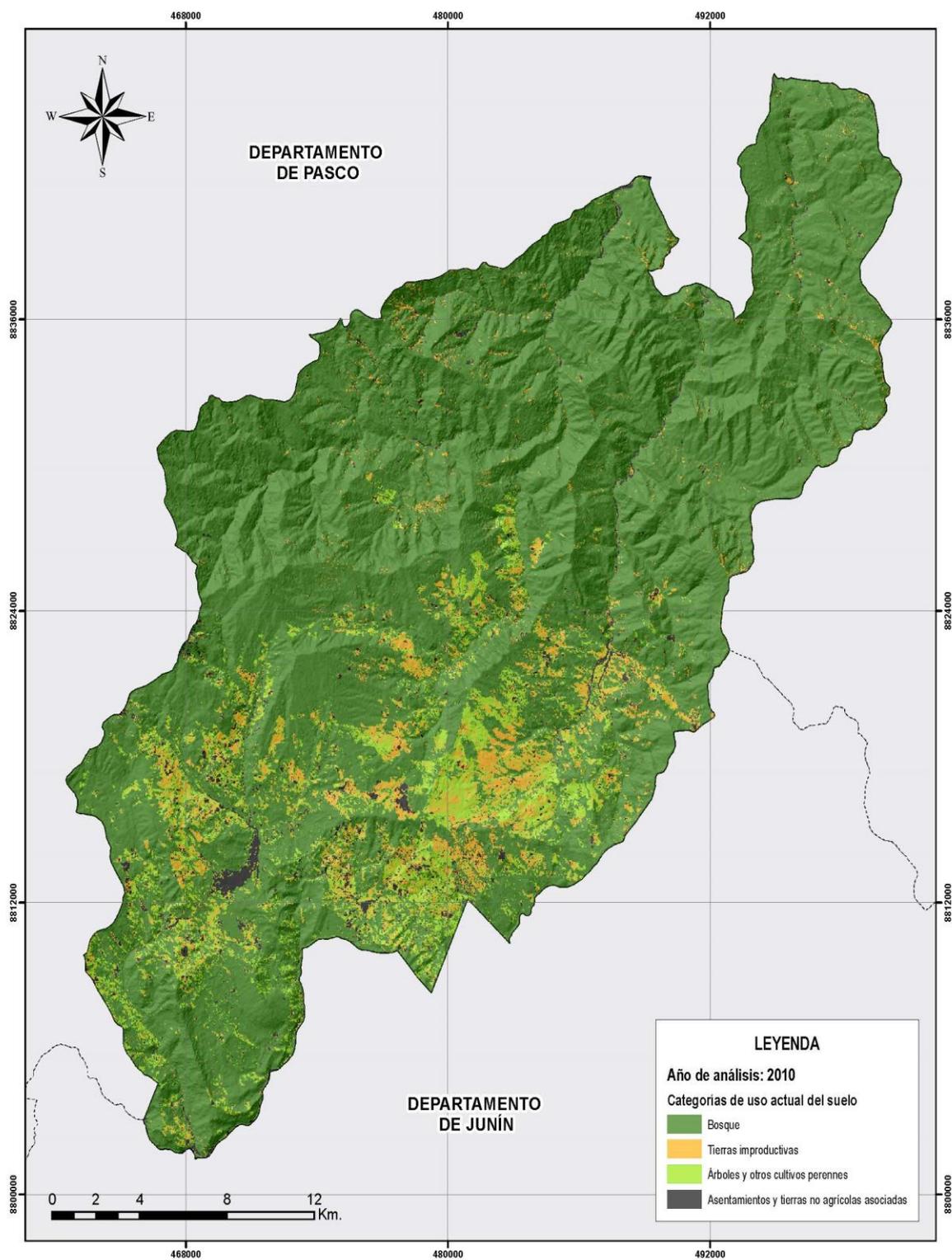
**Figura 71**

*Mapa de las categorías UGI para el año 2000 del distrito de Villa Rica*



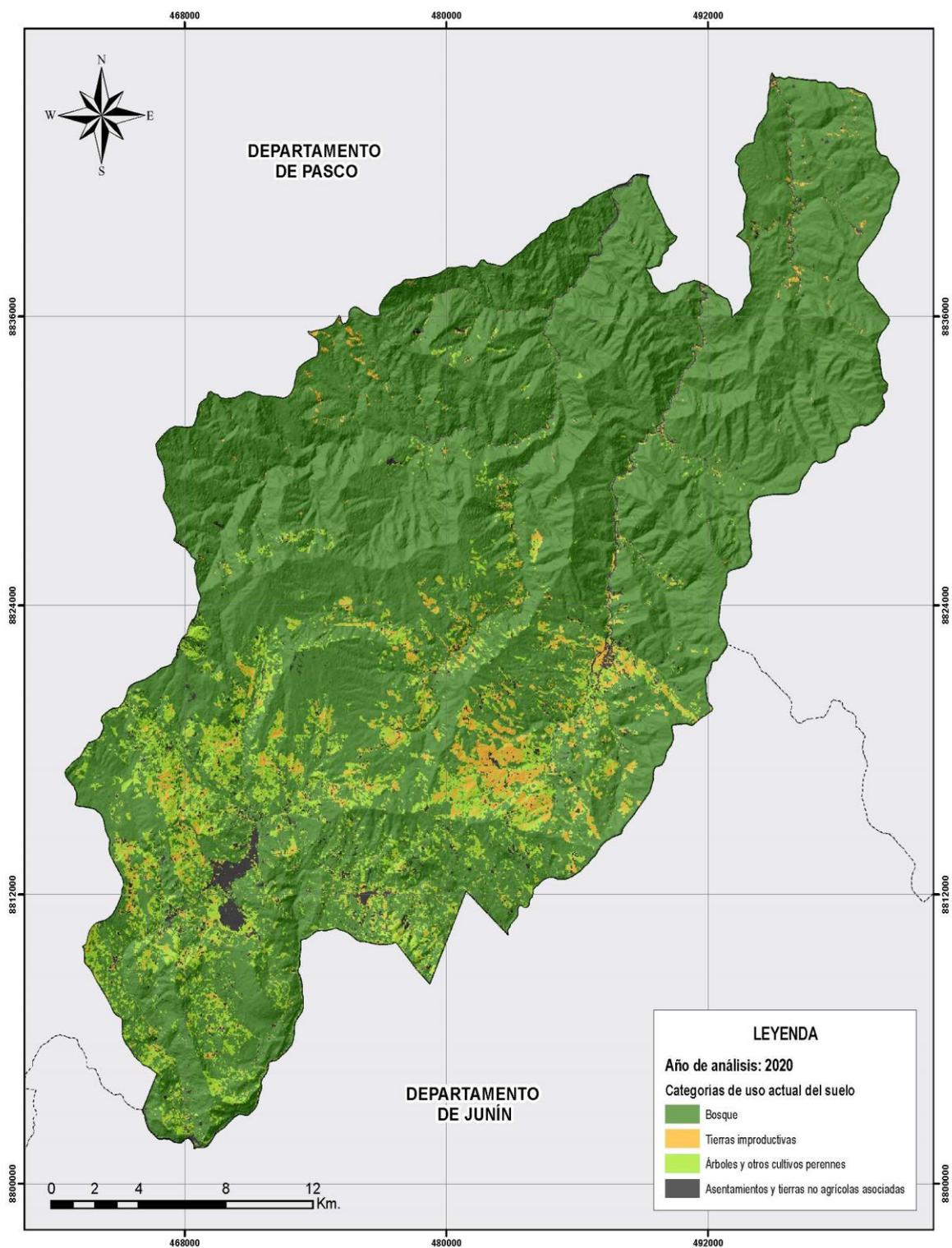
**Figura 72**

*Mapa de las categorías UGI para el año 2010 del distrito de Villa Rica*



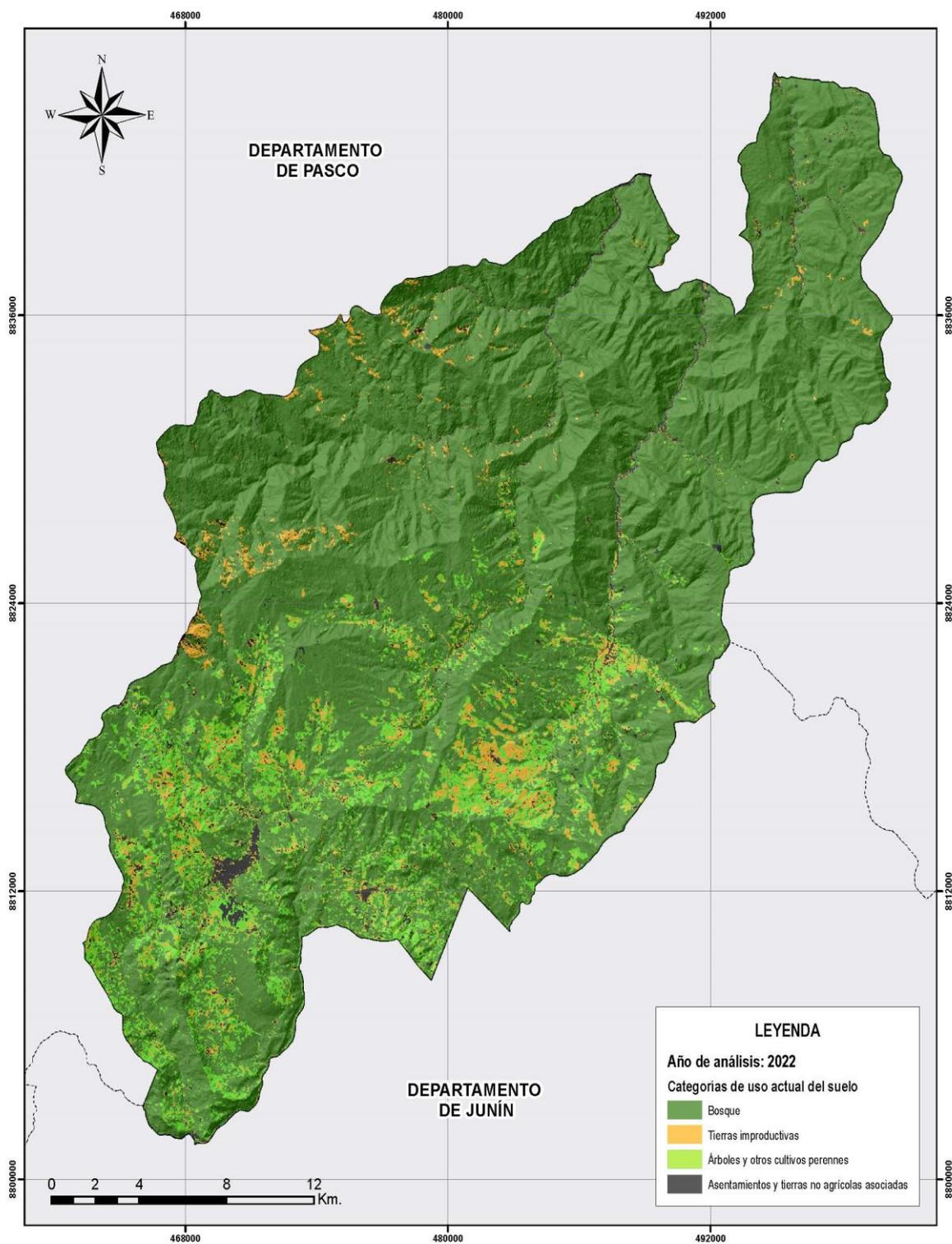
**Figura 73**

*Mapa de las categorías UGI para el año 2020 del distrito de Villa Rica*



**Figura 74**

*Mapa de las categorías UGI para el año 2022 del distrito de Villa Rica*



### 4.3. Porcentajes de variación entre periodos analizados

A continuación, se analiza el porcentaje de variación respecto a los periodos anteriores para cada categoría de los Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI), y las correspondientes a las del Uso Actual de la Tierra según la Unión Geográfica Internacional (UGI):

#### 4.3.1. Variación de categorías del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI)

**Tabla 44**

*Valor promedio de las categorías NDVI según periodos analizados*

Categorías del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI)	Niveles promedio de NDVI según años de estudio				
	1990	2000	2010	2020	2022
Sin vegetación	0.0400	0.0011	0.0057	0.0061	0.0029
Área con poca vegetación	0.1562	0.1564	0.1426	0.1417	0.1525
Vegetación menos moderada	0.3045	0.3040	0.3027	0.2952	0.2942
Vegetación moderada	0.4539	0.4492	0.4532	0.4492	0.4506
Vegetación densa	0.7398	0.7312	0.7072	0.7725	0.7727
Vegetación altamente densa	0.8391	0.8433	0.8297	0.8722	0.8577

De la tabla anteriormente mostrada se evidencia el valor promedio de los índices para cada una de las categorías del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) (“Sin vegetación”, “Área con poca vegetación”, “Vegetación menos moderada”, “Vegetación moderada”, “Vegetación densa” y “Vegetación altamente densa”) desde el año 1990 hasta el año 2022. En esta se puede evidenciar el aparente decremento de los valores correspondientes a las categorías “Sin vegetación”, “Área con poca vegetación”, “Vegetación menos moderada” y “Vegetación moderada”; así como al aparente incremento de las categorías “Vegetación densa” y “Vegetación altamente densa” en el distrito de Villa Rica.

En consecuencia, la Tabla 45 mostrada a continuación nos proporciona la evolución porcentual para cada categoría anteriormente mostrada, en un intervalo de 10 años, respecto del año inicial analizado en cada periodo. En esta se visualiza que la categoría “Sin vegetación” evidenció la mayor variación porcentual de orden negativo (-97.250%); mientras que esta misma categoría para el siguiente periodo evidenció la mayor variación porcentual de orden positivo (418.182%), siendo atribuido probablemente a una baja exactitud del satélite para detectar áreas de reducida cuantificación, como la correspondiente para dicha categoría. El resto de los valores porcentuales de las siguientes categorías se mantuvieron entre -8.824% y 9.234%, valores que son de mayor concordancia unos con otros.

**Tabla 45**

*Evolución porcentual de la variación en las categorías del NDVI según periodos analizados*

Categorías del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI)	Evolución porcentual del NDVI (%) según años de estudio			
	1990 - 2000	2000 - 2010	2010 - 2020	2020 - 2022
Sin vegetación	-97.250%	418.182%	7.018%	-52.459%
Área con poca vegetación	0.128%	-8.824%	-0.631%	7.622%
Vegetación menos moderada	-0.164%	-0.428%	-2.478%	-0.339%
Vegetación moderada	-1.035%	0.890%	-0.883%	0.312%
Vegetación densa	-1.162%	-3.282%	9.234%	0.026%
Vegetación altamente densa	0.501%	-1.613%	5.122%	-1.662%

En cuanto al mismo parámetro, pero para la cuantificación del área (Ha), se tiene de manera similar a lo anteriormente mencionado una variación significativa en la categoría “Sin vegetación” para el periodo 1990 – 2000, no mostrando un aparente valor confiable de extensión de área en el año 1990 (0.18 Ha); sin embargo, globalmente en el resto de categorías analizadas podemos notar que para las clases denominadas “Área con poca vegetación” y

“Vegetación altamente densa” se evidencia un aparente crecimiento, mientras que para el resto de las clases se perciben decrementos.

**Tabla 46**

*Total de áreas (Ha) en las categorías NDVI según periodos analizados*

Categorías del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI)	Áreas (en hectáreas) según años de estudio				
	1990	2000	2010	2020	2022
Sin vegetación	0.1800	36.0000	42.3000	42.0300	38.2500
Área con poca vegetación	24.0300	51.2100	46.5300	73.4400	48.0600
Vegetación menos moderada	101.1600	187.6500	140.6700	142.6500	115.8300
Vegetación moderada	314.0100	453.2400	336.9600	247.0500	189.9000
Vegetación densa	15330.78	12241.62	10676.52	11052.99	12988.08
Vegetación altamente densa	66376.44	69212.16	70891.65	70609.59	68797.17

En consecuencia, la Tabla siguiente mostrada evidencia lo anterior mencionado pero expresado en variaciones porcentuales, donde para las categorías (exceptuando la denominada “Sin vegetación”), las variaciones por periodos se mantienen en el rango de -34.56% y 113.11%.

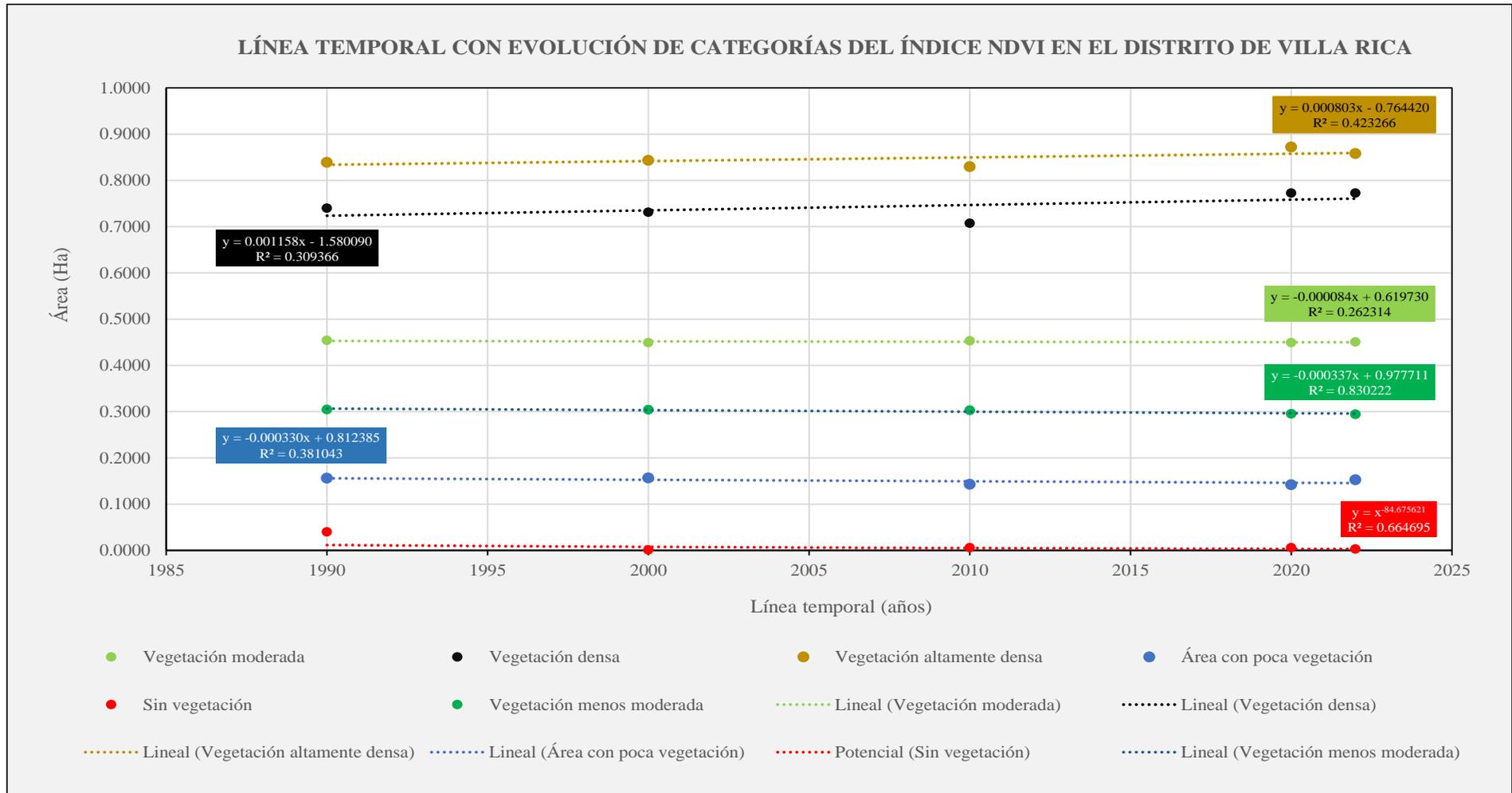
**Tabla 47**

*Evolución porcentual del área (%) en las categorías del NDVI según periodos analizados*

Categorías del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI)	Evolución porcentual del área (%) según años de estudio			
	1990 - 2000	2000 - 2010	2010 - 2020	2020 - 2022
Sin vegetación	-	17.50%	-0.64%	-8.99%
Área con poca vegetación	113.11%	-9.14%	57.83%	-34.56%
Vegetación menos moderada	85.50%	-25.04%	1.41%	-18.80%
Vegetación moderada	44.34%	-25.66%	-26.68%	-23.13%
Vegetación densa	-20.15%	-12.79%	3.53%	17.51%
Vegetación altamente densa	4.27%	2.43%	-0.40%	-2.57%

**Figura 75**

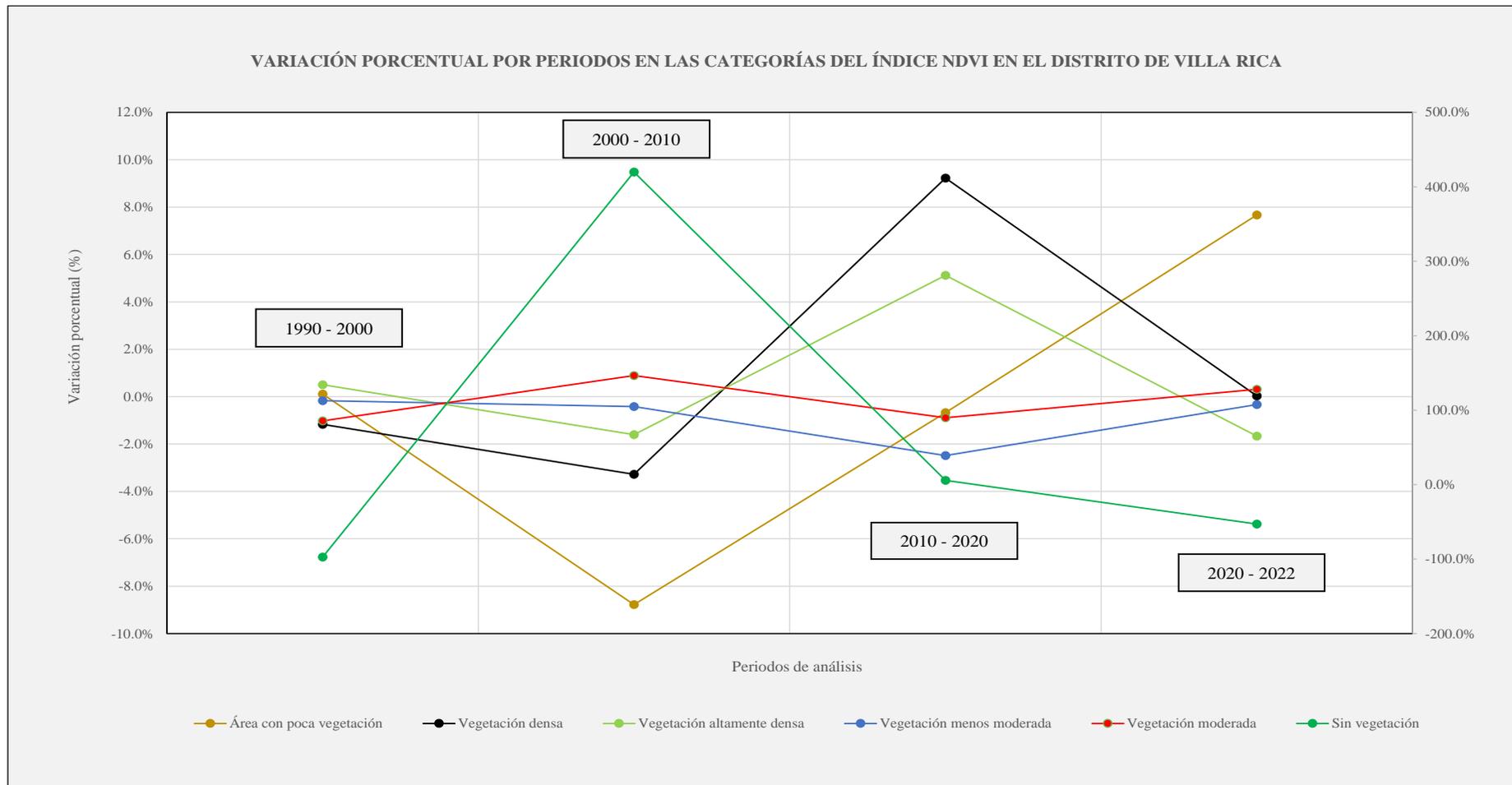
*Evolución temporal de las categorías del índice NDVI en el distrito de Villa Rica*



La figura anterior muestra las líneas de tendencia (y ecuaciones) de los índices obtenidos vs el tiempo para cada categoría del índice NDVI.

**Figura 76**

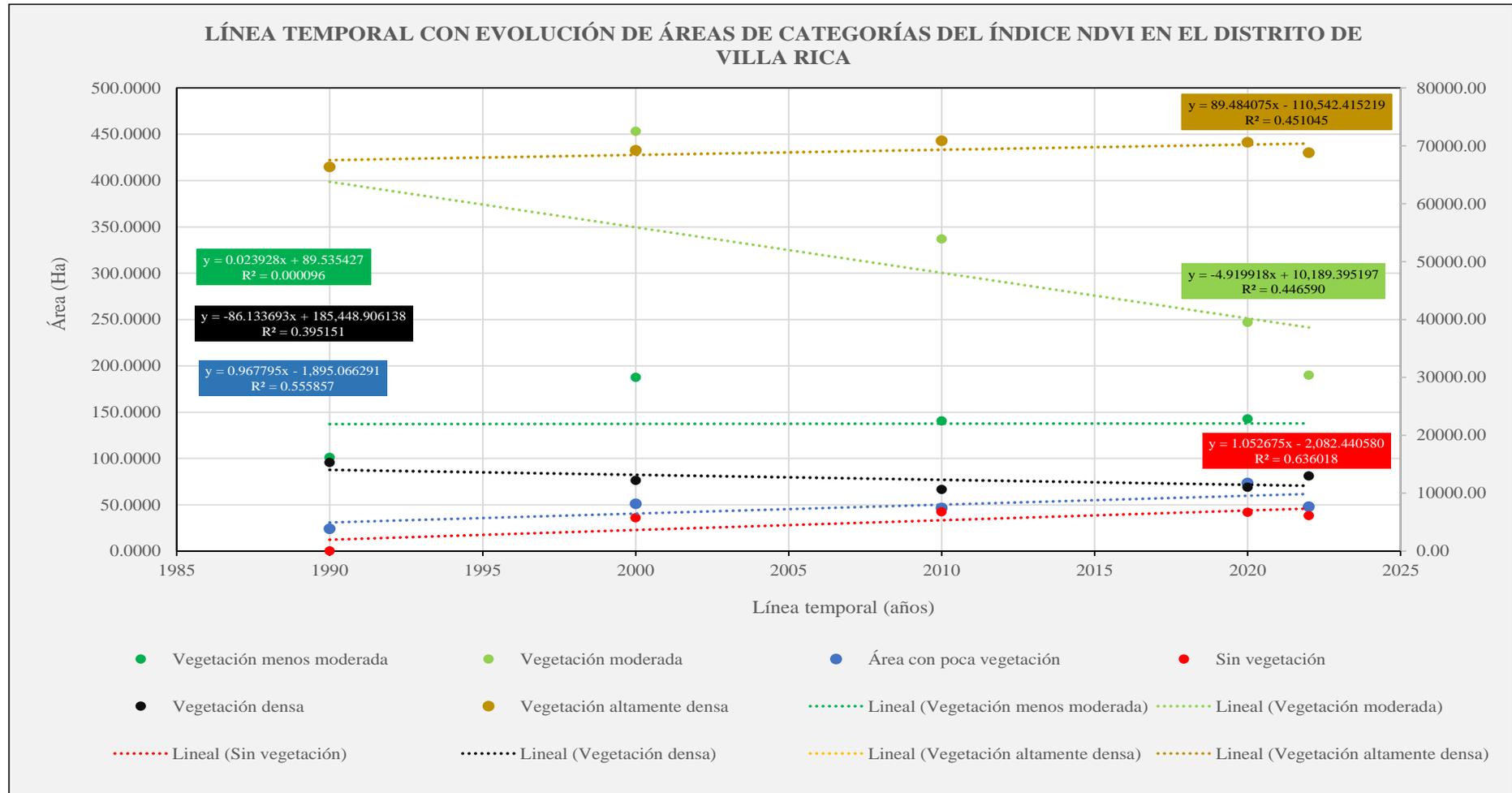
*Variación porcentual por periodos de las categorías del índice NDVI en el distrito de Villa Rica*



La figura anterior muestra las variaciones porcentuales de los índices en el tiempo para cada una de las categorías del índice NDVI.

**Figura 77**

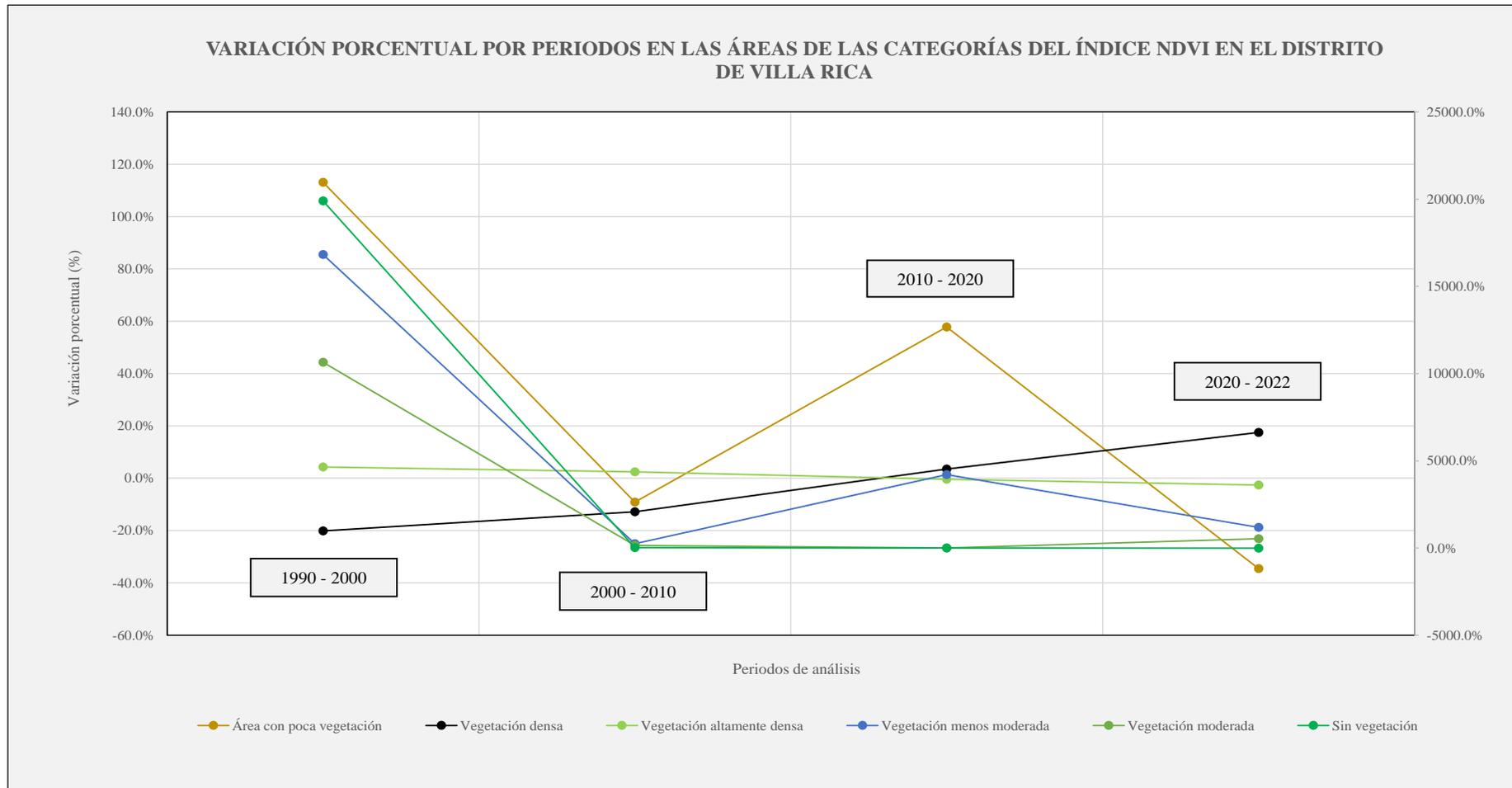
*Evolución temporal de las áreas de las categorías del índice NDVI en el distrito de Villa Rica*



La figura anterior muestra las líneas de tendencia (y ecuaciones) de las áreas obtenidas vs el tiempo para cada categoría del índice NDVI

**Figura 78**

*Variación porcentual por periodos de las áreas de las categorías del índice NDVI en el distrito de Villa Rica*



La figura anterior muestra las variaciones porcentuales de las áreas en el tiempo para cada una de las categorías del índice NDVI.

#### **4.3.2. Descripción de los resultados parciales**

De lo anterior adjuntado, se puede indicar que para el análisis del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) en la categoría de “Área sin vegetación” a lo largo del periodo analizado (1990 – 2022), ha variado en un rango de -97.25 % a 419.75 %, evidenciando un decremento en los periodos 1990 – 2000 y 2020 – 2022, e incremento en el periodo 2000 – 2020, teniendo en promedio un valor de variación de 68.85 %; así también, en cuanto a la variación del área de la categoría en mención, ha variado en un rango de -0.64 % a 17.50 %, evidenciando un incremento en el periodo 1990 – 2010 y decremento en el periodo 2010 – 2022, teniendo en promedio un valor de variación de 2.62 %. La categoría de “Área con poca vegetación” ha variado en un rango de -8.78 % a 7.67 %, evidenciando un incremento en los periodos 1990 – 2000 y 2020 – 2022, y decremento en el periodo 2000 – 2020, teniendo en promedio un valor de variación de -0.42 %; así también, en cuanto a la variación del área de la categoría en mención, ha variado en un rango de -34.56 % a 113.11 %, evidenciando un incremento en el periodo 1990 – 2000 y 2010 – 2020, y decremento en el periodo 2000 – 2010 y 2020 – 2022, teniendo en promedio un valor de variación de 31.81 %. La categoría de “Vegetación menos moderada” ha variado en un rango de -2.49 % a -0.17 %, evidenciando un decremento durante todo el periodo analizado; teniendo en promedio un valor de -0.85 %; así también, en cuanto al área de la categoría en mención, ha variado en un rango de -25.04 % a 85.50 %, evidenciando un incremento en el periodo 1990 – 2000 y 2010 – 2020, y decremento en el periodo 2000 – 2010 y 2020 – 2022, teniendo en promedio un valor de 10.77 %. La categoría de “Vegetación moderada” ha variado en un rango de -1.03 % a 0.89 %, evidenciando un decremento en el periodo 1990 – 2000 y 2010 – 2020, e incremento en el periodo 2000 – 2010 y 2020 – 2022; teniendo en promedio un valor de variación de -0.18 %; así también, en cuanto al área de la categoría en mención, ha variado en un rango de -26.68 % a 44.34 %,

evidenciando un incremento en el periodo 1990 – 2000, y decremento en el periodo 2000 – 2022, teniendo en promedio un valor de variación de -7.78 %.

La categoría de “Vegetación densa” ha variado en un rango de -3.28 % a 9.22 %, evidenciando un decremento en los periodos 1990 – 2010, y un incremento en el periodo 2010 – 2022; teniendo en promedio un valor de variación de 1.20 %; así también, en cuanto al área de la categoría en mención, ha variado en un rango de -20.15 % a 17.51 %, evidenciando un decremento en el periodo 1990 – 2010, y un incremento en el periodo 2010 – 2022, teniendo en promedio un valor de -2.98 %. Finalmente, la categoría de “Vegetación altamente densa” ha variado en un rango de -1.67 % a 5.12 %, evidenciando un incremento en el periodo 1990 – 2000 y 2010 – 2020, y decremento en el periodo 2000 – 2010 y 2020 – 2022; teniendo en promedio un valor de variación de 0.59 %; así también, en cuanto al área de la categoría en mención, ha variado en un rango de -2.57 % a 4.27 %, evidenciando un incremento en el periodo 1990 – 2010, y decremento en el periodo 2010 – 2022, teniendo en promedio un valor de variación de 0.93 %.

**Tabla 48**

*Cuadro resumen de evolución porcentual en las categorías del NDVI*

Categorías del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI)	Evolución porcentual promedio (%)	
	Año de análisis: 1990 - 2022	
	Índice NDVI	Área NDVI (Ha)
Sin vegetación	68.854%	2.623%
Área con poca vegetación	-0.418%	31.811%
Vegetación menos moderada	-0.852%	10.767%
Vegetación moderada	-0.179%	-7.783%
Vegetación densa	1.203%	-2.975%
Vegetación altamente densa	0.587%	0.934%
Promedio calculado	11.533%	5.896%

La tabla anteriormente mostrada nos proporciona información de la evolución porcentual promedio (%) para el Índice NDVI y el área de este (Ha) en el periodo 1990 – 2022 para cada una de las categorías de dicho índice. En esta se evidencia que globalmente la mayor variación negativa en cuanto al índice en sí fue la “Vegetación menos moderada” (-0.852%), mientras que al área fue la “Vegetación moderada” (-7.783%); por otro lado, en cuanto al índice se tiene que la mayor variación positiva la tuvo la clase “Sin vegetación” (68.854%), mientras que respecto al área la tuvo el “Área con poca vegetación” (31.811%). Adicionalmente, se tiene que el promedio calculado de todas las categorías analizadas en cuanto al índice para el periodo de análisis 1990 – 2022 fue de 11.533%, mientras que para el área fue del 5.896%.

#### 4.3.3. Variación de las categorías del Uso Actual de la Tierra

De igual manera, se realizó para el análisis de las categorías del Uso Actual de la Tierra según las categorías de la Unión Geográfica Internacional (UGI) en el distrito de Villa Rica:

**Tabla 49**

*Total de áreas (Ha) en las categorías UGI según periodos analizados*

Categorías del Uso Actual de la Tierra	Áreas (en hectáreas) según años de estudio				
	1990	2000	2010	2020	2022
Bosque	67457.571	66058.17	68551.989	69064.898	67587.518
Árboles y otros cultivos perennes	8443.393	5148.001	6586.744	2286.551	8807.522
Asentamientos y tierras no agrícolas asociadas	3559.691	3599.945	2160.657	2814.011	1900.705
Tierras improductivas	2730.923	7385.462	4892.188	8026.118	3895.833

De la tabla anteriormente mostrada se evidencia el valor de las áreas (en Ha) para cada una de las categorías del Uso Actual de la Tierra (“Bosque”, “Árboles y otros cultivos perennes”, “Asentamientos y tierras no agrícolas asociadas” y “Tierras improductivas”) desde

el año 1990 hasta el año 2022. En esta se puede evidenciar el aparente mantenimiento de la categoría “Bosque”, la constante variación de las categorías “Árboles y otros cultivos perennes” y “Tierras improductivas”, y el decrecimiento casi sostenido de los “Asentamientos y tierras no agrícolas asociadas” en el distrito de Villa Rica.

En consecuencia, la Tabla N° 50 mostrada a continuación nos proporciona la evolución porcentual para cada categoría anteriormente indicada de la Unión Geográfica Internacional (UGI), en un intervalo de 10 años, respecto del año inicial analizado en cada periodo. En esta se visualiza que la categoría “Árboles y otros cultivos perennes” evidenció la mayor variación porcentual de orden negativo (-65.286 %); mientras que esta misma categoría para el periodo 2020 – 2022 evidenció la mayor variación porcentual de orden positivo (285.188%), siendo atribuido probablemente a una baja exactitud del modelo para detectar áreas indicadas, debido a la dificultad que conlleva la delimitación de las áreas de entrenamiento con un sensor de baja resolución espacial (30 metros). El resto de los valores porcentuales de las siguientes categorías se mantuvieron entre -39.981% y 170.438%, valores que son de mayor concordancia unos con otros debido al menor área que estos representan, en relación con el área de Bosques del distrito.

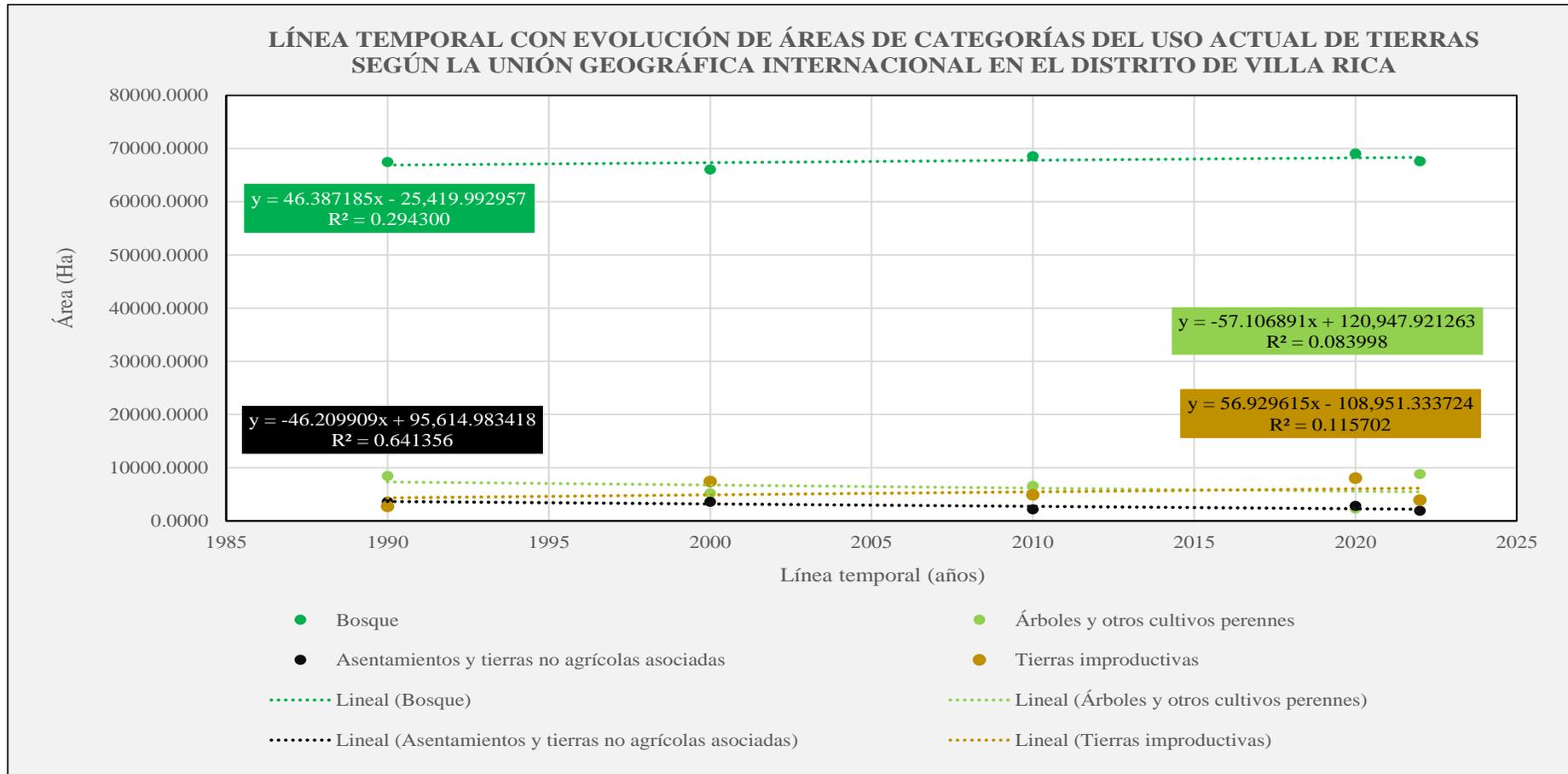
**Tabla 50**

*Evolución porcentual del área (%) en las categorías UGI según periodos analizados*

Categorías del Uso Actual de la Tierra	Evolución porcentual del área (%) según años de estudio			
	1990 - 2000	2000 - 2010	2010 - 2020	2020 - 2022
Bosque	-2.074%	3.775%	0.748%	-2.139%
Árboles y otros cultivos perennes	-39.029%	27.948%	-65.286%	285.188%
Asentamientos y tierras no agrícolas asociadas	1.131%	-39.981%	30.239%	-32.456%
Tierras improductivas	170.438%	-33.759%	64.060%	-51.461%

**Figura 79**

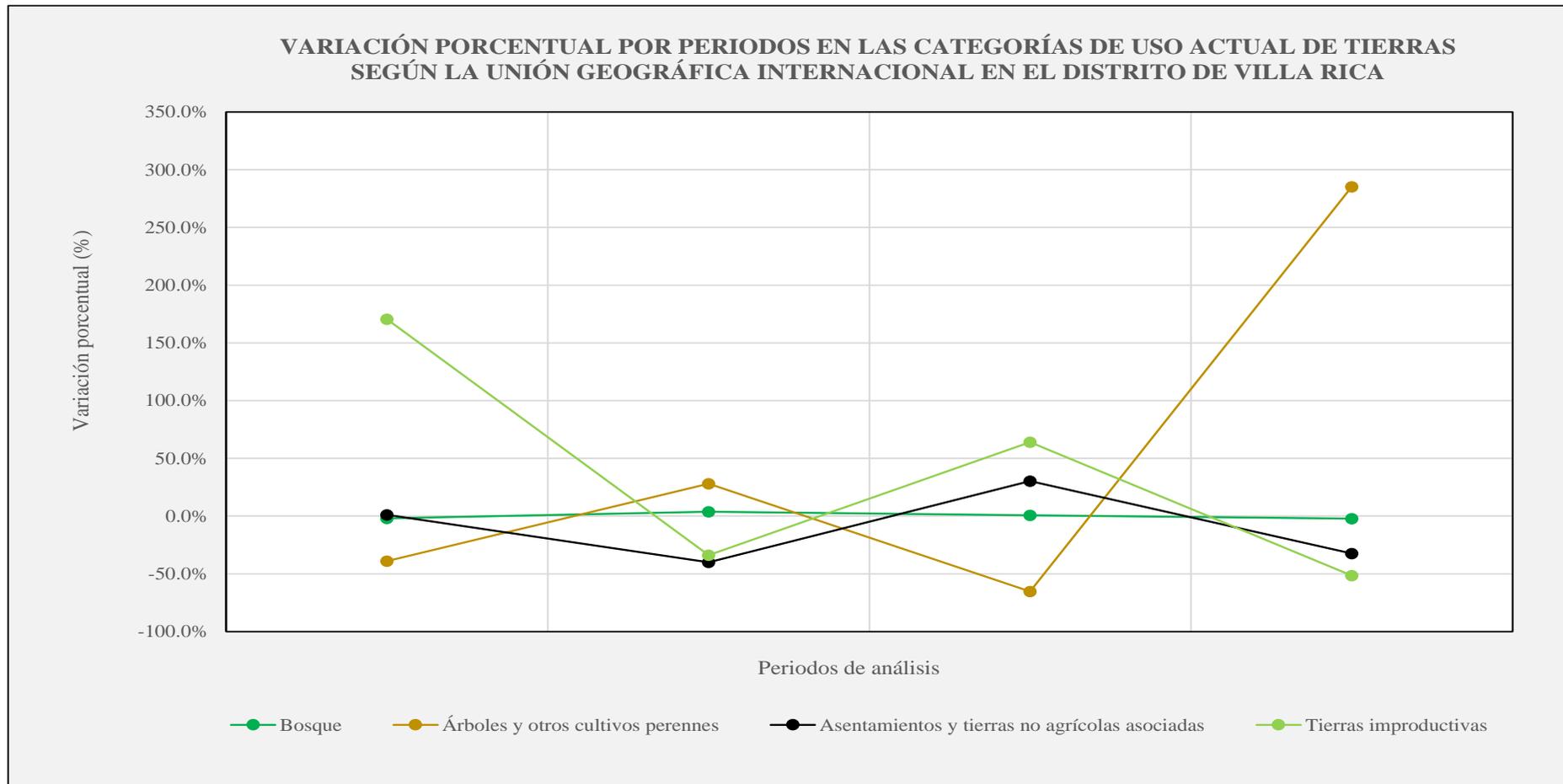
*Evolución temporal de las áreas de las categorías del Uso Actual de la Tierra en el distrito de Villa Rica*



*Nota.* La figura anterior muestra las líneas de tendencia (con sus ecuaciones y coeficiente de determinación) de las áreas obtenidas (Ha) respecto al tiempo para cada categoría del Uso Actual de Tierras según la Unión Geográfica Internacional (UGI).

**Figura 80**

*Variación porcentual por periodos de las áreas de las categorías del Uso Actual de la Tierra en el distrito de Villa Rica*



La figura anterior muestra las variaciones porcentuales de las áreas en el tiempo para cada una de las categorías del Uso Actual de Tierras según la Unión Geográfica Internacional (UGI).

#### 4.3.4. Descripción de los resultados parciales

De lo anterior adjuntado, se puede indicar que para el análisis del Uso Actual de la Tierra según la clasificación de la Unión Geográfica Internacional (UGI), en la categoría de “Bosque” a lo largo del periodo analizado (1990 – 2022), ha variado en un rango de -2.14 % a 3.78 %, evidenciando un decremento en los periodos 1990 – 2000 y 2020 – 2022, e incremento en el periodo 2000 – 2020; teniendo en promedio un valor de variación de 0.08 %. La categoría de “Árboles y otros cultivos perennes” ha variado en un rango de -65.29 % a 285.19 %, evidenciando un decremento en los periodos 1990 – 2000 y 2010 – 2020, e incremento en el periodo 2000 – 2010 y 2020 – 2022; teniendo en promedio un valor de variación de 52.21 %. La categoría de “Asentamientos y tierras no agrícolas asociadas” ha variado en un rango de -39.98 % a 30.24 %, evidenciando un decremento en los periodos 2000 – 2010 y 2020 – 2022, e incremento en el periodo 1990 – 2000 y 2010 – 2020; teniendo en promedio un valor de variación de -10.27 %. Finalmente, la categoría de “Tierras improductivas” ha variado en un rango de -51.46 % a 170.44 %, evidenciando un incremento en los periodos 1990 – 2000 y 2010 – 2020, y decremento en el periodo 2000 – 2010 y 2020 – 2022; teniendo en promedio un valor de variación de 37.320 %.

**Tabla 51**

*Cuadro resumen de evolución porcentual en las categorías del Uso Actual de la Tierra*

Categorías del Uso Actual de Tierras según la UGI	Evolución porcentual promedio (%)
	Año de análisis: 1990 - 2022
	Área del Uso Actual de Tierras (Ha)
Bosque	0.077%
Árboles y otros cultivos perennes	52.205%
Asentamientos y tierras no agrícolas asociadas	-10.267%
Tierras improductivas	37.320%
Promedio calculado	19.834%

#### **4.4. Estimación para el año 2030**

Así mismo, se determina la estimación para el año 2030 de cada una de las categorías de los índices NDVI y las correspondientes a las del Uso Actual de la Tierra según la Unión Geográfica Internacional (UGI), de acuerdo a los resultados procesados y obtenidos, mediante el uso de regresiones simples en su mayoría (de acuerdo al mejor ajuste evidenciado en las gráficas mostradas anteriormente).

Cabe precisar que estas estimaciones fueron realizadas en base a los resultados obtenidos durante el procesamiento satelital y geográfico del trabajo de investigación. Sin embargo, estos datos son solo aproximado y no son altamente fiables debido a los valores mediano-bajos de los coeficientes de determinación ( $R^2$ ) obtenidos de la correspondencia entre los datos; por tal, son valoraciones referenciales.

Finalmente, se adjuntan las imágenes satelitales empleadas de los años: 1990, 2000, 2010, 2020, 2022 para la presente investigación. Estas también se encuentran como parte de los anexos de este.

##### **4.4.1. *Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI)***

De los gráficos anteriormente adjuntados en torno al Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI), y recopilando las ecuaciones con los coeficientes de determinación respectivos para cada relación establecida, se tiene lo siguiente tanto para los valores del índice en sí como para los valores del área (expresado en Hectáreas):

**Tabla 52**

*Estimación del valor del índice NDVI según rangos para el año 2030*

Estimación del valor del índice NDVI para el año 2030				
Categorías NDVI	Ecuación de regresión	Coefficiente de determinación	Valor estimado	Variación respecto al año 2022
Sin vegetación	$y = x^{-84.675621}$	$R^2 = 0.664695$	0.000000	-100.000000%
Área con poca vegetación	$y = -0.000330x + 0.812385$	$R^2 = 0.381043$	0.142485	-6.587815%
Vegetación menos moderada	$y = -0.000337x + 0.977711$	$R^2 = 0.830222$	0.293601	-0.218032%
Vegetación moderada	$y = -0.000084x + 0.619730$	$R^2 = 0.262314$	0.449210	-0.302090%
Vegetación densa	$y = 0.001158x - 1.580090$	$R^2 = 0.309366$	0.770650	-0.270002%
Vegetación altamente densa	$y = 0.000803x - 0.764420$	$R^2 = 0.423266$	0.865670	0.932709%

De la tabla anteriormente mostrada se evidencian las ecuaciones de regresión para el valor del índice NDVI (potencial para la categoría “Sin vegetación”, mientras que lineales para el resto de las categorías), los coeficientes de determinación respectivos (que va desde 0.262314 para la categoría de “Vegetación moderada”, hasta 0.830222 para la categoría de “Vegetación menos moderada”), los valores estimados de los índices NDVI para el año 2030, y su variación respecto del índice determinada del año 2022 (desde un -100.000000 % hasta un 0.932709 %).

**Tabla 53***Estimación del área según índice NDVI según rangos para el año 2030*

Estimación del área según índice NDVI para el año 2030				
Categorías NDVI	Ecuación de regresión	Coefficiente de determinación	Valor estimado (ha)	Variación respecto al año 2022
Sin vegetación	$y = 1.052675x - 2,082.440580$	$R^2 = 0.636018$	54.48967	42.456654%
Área con poca vegetación	$y = 0.967795x - 1,895.066291$	$R^2 = 0.555857$	69.557559	44.730668%
Vegetación menos moderada	$y = 0.023928x + 89.535427$	$R^2 = 0.000096$	138.109267	19.234453%
Vegetación moderada	$y = -4.919918x + 10,189.395197$	$R^2 = 0.446590$	201.961657	6.351583%
Vegetación densa	$y = -86.133693x + 185,448.906138$	$R^2 = 0.395151$	10597.5093	-18.405882%
Vegetación altamente densa	$y = 89.484075x - 110,542.415219$	$R^2 = 0.451045$	71110.257	3.362183%

De la tabla anteriormente mostrada se evidencian las ecuaciones de regresión para el valor del área del índice NDVI (lineales para todas las categorías), los coeficientes de determinación respectivos (que va desde 0.000096 para la categoría de “Vegetación menos moderada”, hasta 0.636018 para la categoría de “Sin vegetación”), los valores estimados de las áreas (Ha) de los índices NDVI para el año 2030, y su variación respecto del área determinada del año 2022 (desde un -18.405882 % hasta un 44.730668 %).

#### 4.4.2. *Uso Actual de la Tierra*

De los gráficos anteriormente adjuntados en torno al Uso Actual de la Tierra, y recopilando las ecuaciones con los coeficientes de determinación respectivos para cada relación establecida, se tiene lo siguiente para los valores del área (expresado en hectáreas (Ha)):

**Tabla 54**

*Estimación del área según Uso Actual de la Tierra según rangos para el año 2030*

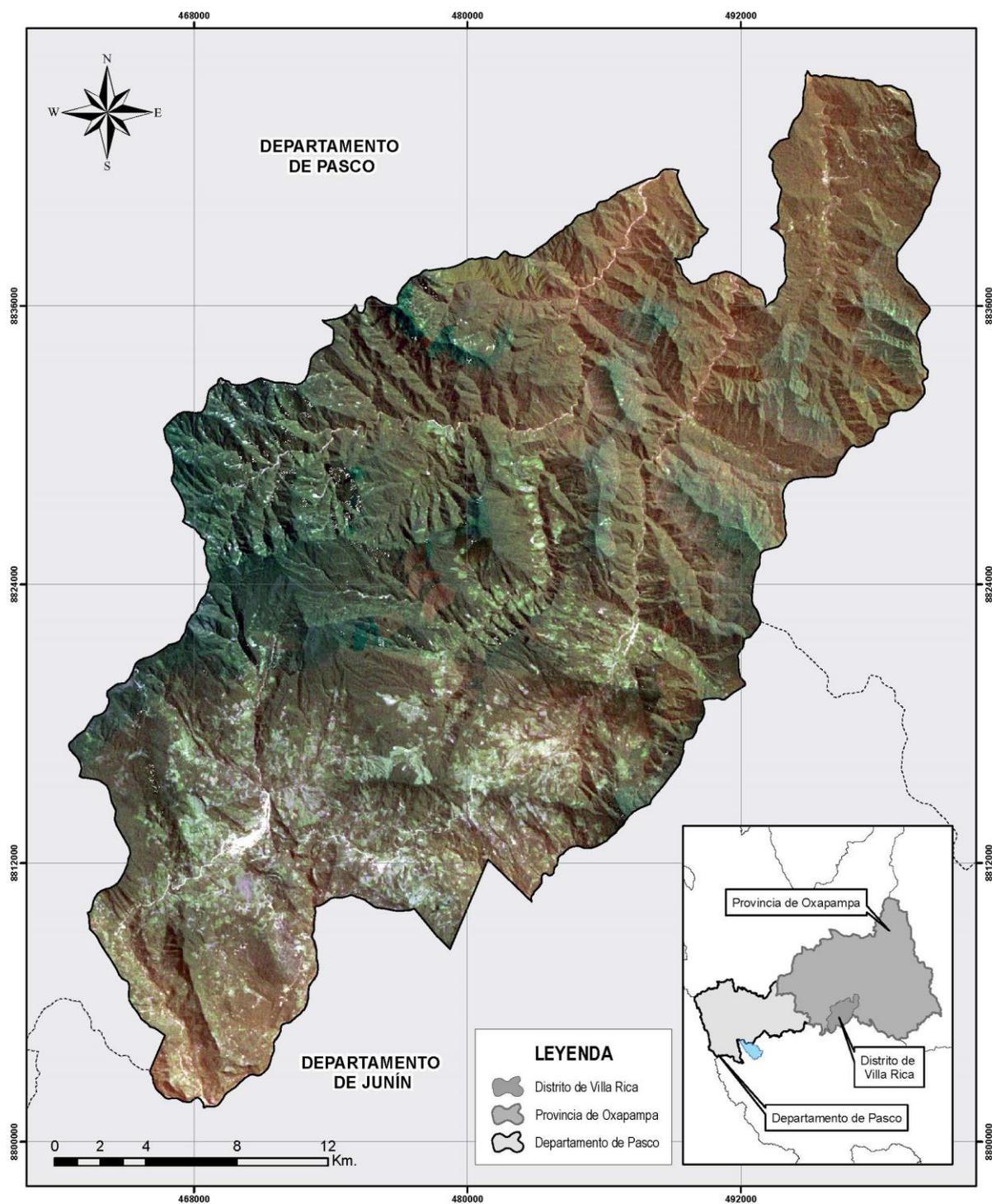
Estimación del área según uso actual de la tierra para el año 2030				
Categorías	Ecuación de regresión	Coefficiente de determinación	Valor estimado (ha)	Variación respecto al año 2022
Bosque	$y = 46.387185x - 25,419.992957$	$R^2 = 0.294300$	68745.9926	1.714%
Árboles y otros cultivos perennes	$y = -57.106891x + 120,947.921263$	$R^2 = 0.083998$	5020.93253	-42.993%
Asentamientos y tierras no agrícolas asociadas	$y = -46.209909x + 95,614.983418$	$R^2 = 0.641356$	1808.86815	-4.832%
Tierras improductivas	$y = 56.929615x - 108,951.333724$	$R^2 = 0.115702$	6615.78473	69.817%

De la tabla anteriormente mostrada se evidencian las ecuaciones de regresión para las categorías según la Unión Geográfica Internacional (UGI) (lineales para todas las categorías), los coeficientes de determinación respectivos, los valores estimados de las áreas (Ha) de las categorías UGI para el año 2030, y su variación respecto del área determinada del año 2022 (desde un -42.993 % hasta un 69.817 %).

A continuación, se adjuntan las imágenes satelitales empleadas para cada uno de los años analizados:

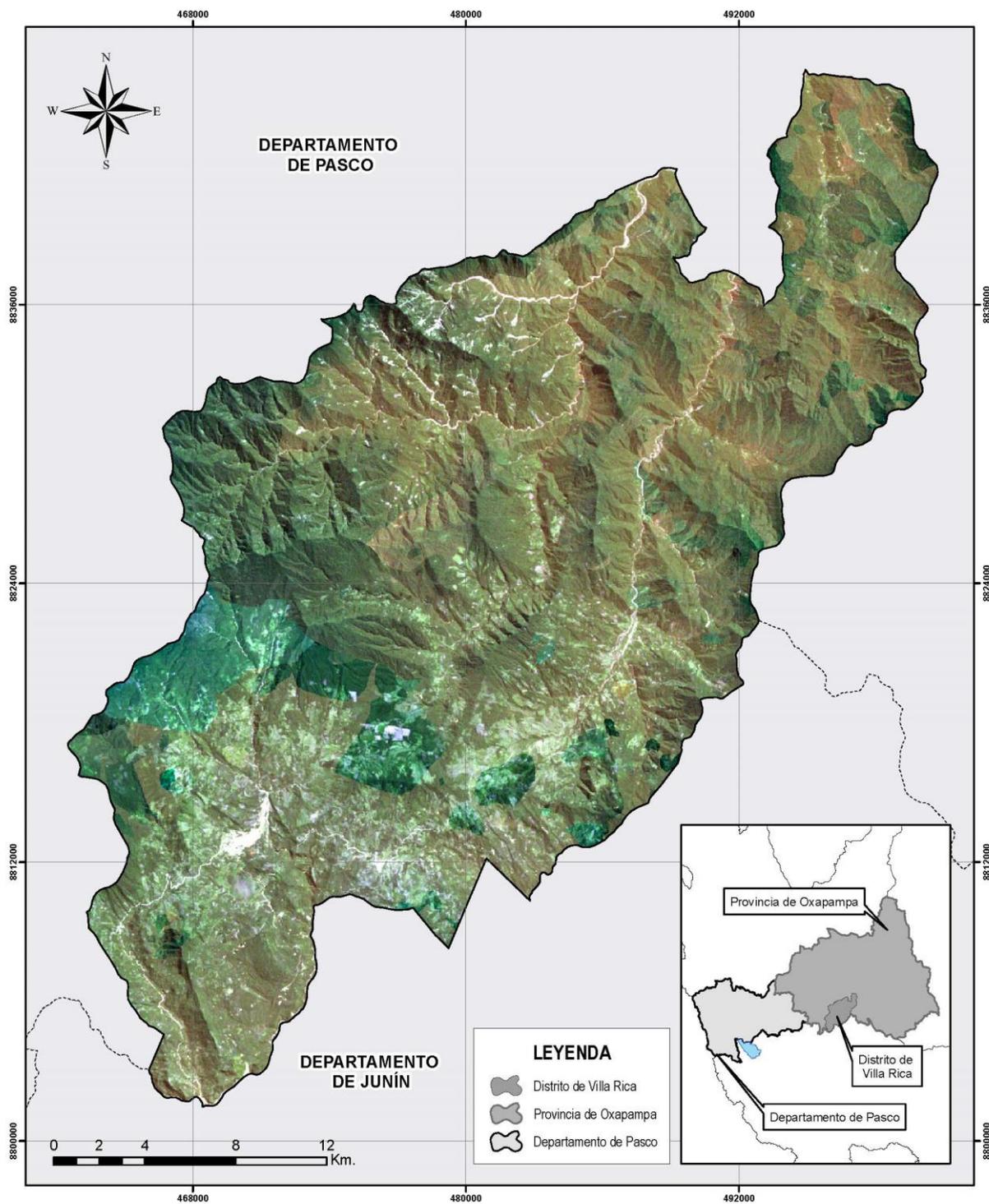
### Figura 81

*Imagen satelital empleada para el año 1990 del distrito de Villa Rica*



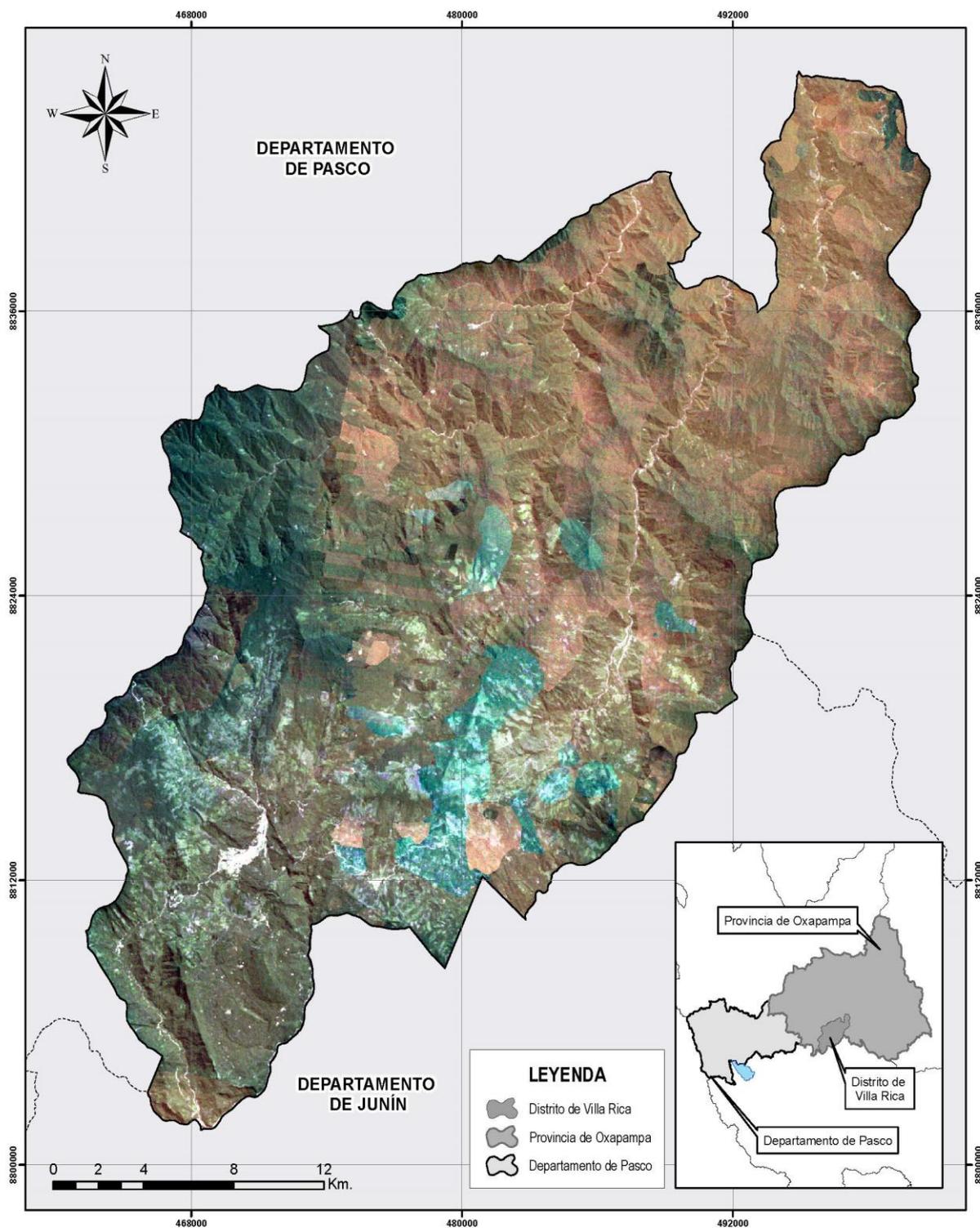
**Figura 82**

*Imagen satelital empleada para el año 2000 del distrito de Villa Rica*



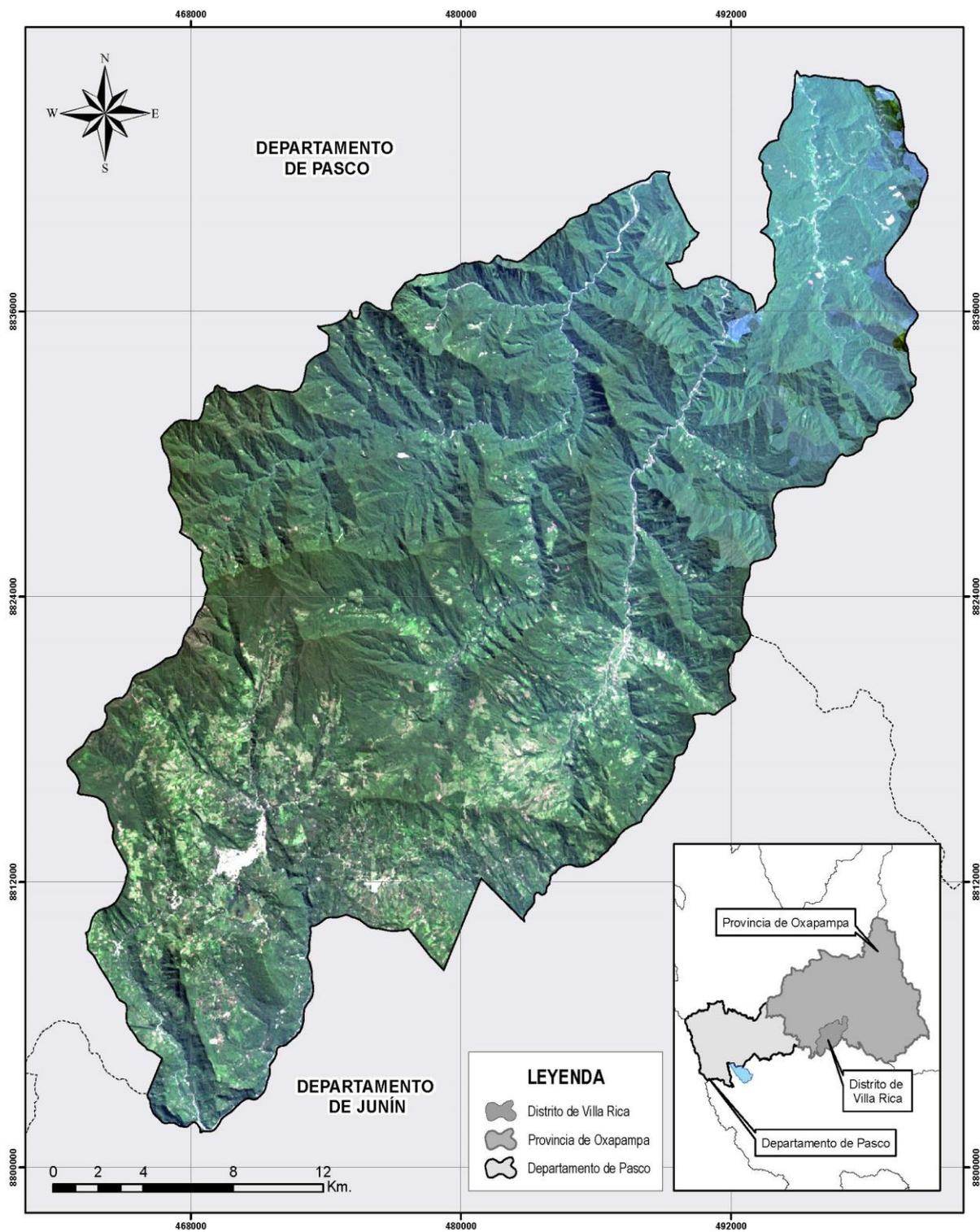
**Figura 83**

*Imagen satelital empleada para el año 2010 del distrito de Villa Rica*



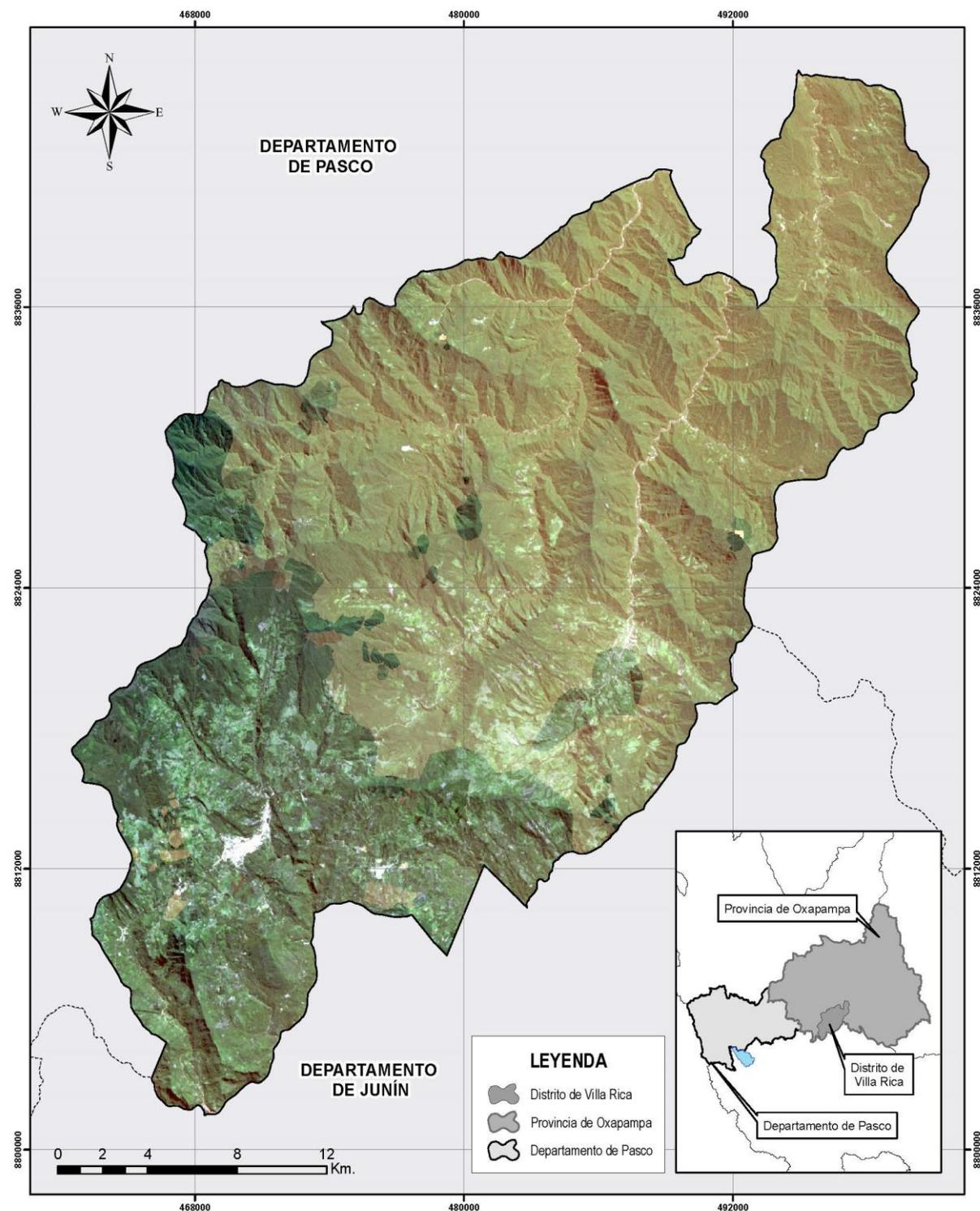
**Figura 84**

*Imagen satelital empleada para el año 2020 del distrito de Villa Rica*



**Figura 85**

*Imagen satelital empleada para el año 2022 del distrito de Villa Rica*



## V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La obtención de los resultados nos permite poder deducir, interpretar y/o relacionar las diferencias y/o similitudes con los resultados encontrados en la bibliografía consultada, los cuales se redactan a continuación:

De acuerdo a lo indicado por Choquehuanca (2019), el crecimiento urbano en la ciudad de Puno entre los años 1980 – 2017 tuvo un incremento a nivel espacial de 31.065 Ha/año (1149.3881 Ha totales) debido principalmente a la dinámica poblacional existente, así como también puede ser atribuible a la factibilidad de obtención de terreno libre en las zonas periurbanas; lo que a diferencia de la zona analizada en el presente estudio, la dinámica poblacional en el distrito de Villa Rica fue mucho menor en el transcurso del periodo 1990 – 2022, donde las categorías NDVI que pueden estar más relacionadas a la dinámica poblacional como la de “Área sin vegetación” presentó una variación promedio de +0.578 Ha/año (0.006 km<sup>2</sup>/año), y la categoría “Área con poca vegetación” presentó una reducción en superficie de -1.937 Ha/año (-0.019 km<sup>2</sup>/año); sin embargo, esto difiere de las proyecciones estimadas para el año 2030, con un aumento progresivo de 2.029 Ha/año y 2.687 Ha/año respectivamente. En cuanto a las zonas periurbanas mayormente relacionadas al mismo índice con la categoría de “Vegetación menos moderada” se vio reducida un total promedio de -2.315 Ha/año, lo cual es probable por la conversión a zonas urbanas o aumento de zonas de cultivo periurbano, en los que está influenciado posiblemente por la ausencia de programas de sensibilización ambiental del distrito, el uso agrícola y la deforestación, muchas veces de manera irresponsable, en los mismos. Es importante indicar adicionalmente que en esta última categoría también fueron detectadas áreas ciertas zonas de ribera con presencia de vegetación, así como que en proyección al año 2030 esta aumenta en una tasa de 2.785 Ha/año. Las áreas promedio de estas tres categorías antes mencionadas durante el periodo analizado ascendieron a un total de aproximadamente 218 Ha, los cuales representan el 0.265 % del territorio del distrito, muy por

debajo de los 2.80 % de zona urbana indicados por Echevarría y Roman (2019), los cuales pueden ser explicados por la diferencia de área entre los distritos de Villa Rica y Oxapampa, por las prácticas humanas realizadas, la extensión de las áreas protegidas existentes, y por registrar una cantidad de población similar (proyectada para el 2020 según <https://ww3.vivienda.gob.pe/repositorioestadistico/ProyeccionPoblacion.aspx>) en ambos distritos colindantes. Así también, Huaman (2021) al analizar la cobertura vegetal en el distrito de Namballe (departamento de Cajamarca), identificó que la vegetación “rala”, aquella en la que puede ubicarse el asentamiento de población, obtuvo un promedio del 7.66 % del territorio del distrito durante los años 2015 – 2021, atribuible no solo al área de asentamiento humano, sino también a áreas con diversa cantidad de actividades y su incremento, muchas veces ilegales, como la agropecuaria, la forestal, la creación de nuevos asentamientos humanos, el comercio y la actividad minera (minería ilegal artesanal de lavado de oro). Por el contrario, lo evidenciado por el estudio realizado por Saldaña (2019) durante los años 2001 – 2018 nos muestra que la extensión areal poblacional en el distrito de Chancay no ha variado de manera considerable a diferencia del distrito de Villa Rica (4.75 Ha a diferencia de los aproximadamente 76.77 Ha de este último), pudiendo deberse principalmente al uso de zonas periurbanas como campos de cultivo, al clima, la geomorfología y por la diferencia de áreas entre ambos distritos. En otros resultados evaluados, donde se evidencia una mayor variación en el uso de tierras antrópico, se puede mencionar lo obtenido por Condori-Luna et al. (2018), donde esta categoría, por causa de técnicas de agricultura inadecuadas, provocó la migración y habilitación de nuevas áreas de misma índole en la sub-cuenca del río Coroico (provincia Caranavi – Bolivia), asciendiendo a un total de 1136 Ha en un total de 25 años (periodo 1989 – 2014), equivalente a 8.6 veces mayor a lo evidenciado en la presente investigación durante los años 1990 – 2020 (132.75 Ha), realizando la equivalencia antes mencionada como “zona urbana” a las categorías de NDVI de “Sin vegetación”, “Área con poca vegetación” y

“Vegetación menos moderada”. Cabe resaltar que, de acuerdo a la presente investigación, la categoría del Uso Actual de la Tierra según la Unión Geográfica Internacional, denominada “Asentamientos y tierras no agrícolas asociadas” no representaba de manera específica el entorno netamente urbano, debido a que también consideraba las variaciones positivas / negativas en áreas, de acuerdo a lo especificado y determinado anteriormente, de los ríos, cauces, lagunas, deslizamientos, áreas totalmente deforestadas, entre otros. En términos de precisión de los resultados para el análisis del Uso actual de tierras urbano, Choquehuanca (2019) obtuvieron valores dentro del rango de 89.81% a 99.02% y un coeficiente de Kappa de 0.87 a 0.99, lo cual nos indica una alta fiabilidad en sus resultados de acuerdo a la clasificación supervisada realizada; sin embargo, en la presente investigación usando la misma clasificación realizada, se obtuvo un 52.17 % de precisión y un coeficiente de Kappa de 0.4649. Esto se asocia principalmente en el grado de dificultad de poder diferenciar, por parte del sensor y el personal, las características, dimensiones reales y categorías presentes en la zona., considerando también que el índice de Kappa obtenido en el presente trabajo abarca no solamente la categoría de “asentamientos y tierras no agrícolas asociadas”, sino también a “bosques”, tierras improductivas” y “árboles y otros cultivos perennes”.

En cuanto la categoría de “Árboles y otros cultivos perennes”, Echevarría y Roman (2019) evidenciaron que la zona agrícola sufrió un incremento total del 9.27 % del área del distrito aledaño de Oxapampa (31.83 % del total al año 2019) durante los años 5 años de estudio (2014 – 2019); muy por el contrario a lo investigado en el presente trabajo, que durante todo el periodo de estudio (1990 – 2022) únicamente se evidenció una variación global de +364.129 Ha o un 0.44 % del territorio del distrito de Villa Rica, siendo en la categoría el 7.610 % del total del mismo. No obstante, esta categoría no exhibió alguna tendencia en su distribución temporal (coeficiente de determinación de 0.083998), por lo que presentó una fluctuación inestable entre cada periodo analizado, alcanzado un promedio global de área de 6 254.442 Ha.

Esto puede deberse a una serie de factores: diferencia de áreas entre distritos, errores de clasificación del sensor, errores humanos, error permitido al muestreo, resolución espacial y temporal del sensor, etc. Sin embargo, es bastante probable que debido a las oportunidades y potencialidades propias del distrito como lo es en el cultivo del café principalmente, se estén adoptando prácticas complementarias para poder mejorar la producción del mismo, en los cuales se puede encontrar el denominado “cultivo bajo sombra”, que consiste en la plantación de árboles como el pino y el eucalipto al lado de la plantación de café, con la finalidad de brindarle sombra durante su crecimiento<sup>8</sup> (haciendo, por ende, que su sabor y calidad sean mejor a los del cultivo tradicional empleados). Estas prácticas conllevan a que la clasificación supervisada y/o no supervisada aumenten en nivel de complejidad, ya que proporcionaría en muchos casos información inexacta por identificar áreas que mezcladas y/o compartidas en categorías (al menos vistas satelitalmente). Así también, estos resultados difieren considerablemente en relación a lo indicado en la plataforma GeoBosques del Ministerio del Ambiente<sup>9</sup> para el distrito de Villa Rica durante el periodo 2000 – 2016, donde únicamente se tiene un promedio de áreas agrícolas de 1 114.6 Ha, lo que equivale al 1.356 % del distrito. Esta subestimación respecto al presente autor puede ser producto de lo indicado líneas arriba, así como de la resolución espacial de las imágenes satelitales, los métodos de detección y cuantificación de cambios empleados para el uso del suelo, la calidad del método de entrenamiento del modelo, el error humano, así como otras causas adicionales. Por su parte, Saldaña (2019) evidenció un decremento de 811.82 Ha en la categoría de “cultivos transitorios” en el distrito de Chancay entre los años 2001 y 2018 por causa de la conjunción de la escases de agua y las malas técnicas agrícolas empleadas; sin embargo, para casi el mismo marco temporal, y en vista de la variabilidad de los datos, para el distrito de Villa Rica se cuantificó

---

<sup>8</sup> <https://agraria.pe/noticias/villa-rica-el-distrito-con-mayor-actividad-agroforestal-1096>

<sup>9</sup> <https://geobosques.minam.gob.pe/geobosque/view/cambio-uso.php>

una variación de -2 861.45 Ha en la categoría de “Árboles y otros cultivos perennes”, resultados mucho mayores debido posiblemente también a los motivos antes mencionados.

En cuanto a la calidad y área de la cobertura vegetal, Alencar da Silva et al. (2018) sostuvieron que la categoría de vegetación de baja densidad NDVI de 0.25 – 0.50 evaluada durante todo el periodo (1984 – 2011) en la cuenca hidrográfica del río Moxotó se redujo en 12.86 % en extensión. Esta categoría del índice NDVI tiene correspondencia aproximada con el presente estudio a las de “Vegetación menos moderada” (0.2058 – 0.3704) y “Vegetación moderada” (0.3704 – 0.5107), que también evidenciaron una reducción aunque solo del 6.14 % de la extensión inicial en 30 años analizados (1990 – 2020). La variación entre uno y otro resultado se puede explicar debido a que en la cuenca hidrográfica del río Moxotó la vegetación de baja densidad NDVI ocupa más del 80 % del territorio. Así también, se vió influenciado por periodos de sequía y deforestación producto de actividades agrícolas y agropecuarias. Este último motivo también es señalado por Condori-Luna et al. (2018), que evidenciaron un aumento en la superficie deforestada en la sub-cuenca del río Coroico de 1103 Ha en 25 años de estudio (44.12 Ha/año) principalmente asociado a zonas de relativamente baja altitud. Si bien es cierto, en el presente trabajo de investigación la reducción anual de superficie no densa fue baja (-0.849 Ha/año), puede explicarse por diferentes razones: diferencias en extensión areal de las áreas analizadas, existencia de áreas de conservación colindantes o dentro del área de estudio, accesibilidad a los recursos, programas ambientales de sensibilización, etc. Un indicio de similitud en los resultados nos puede proporcionar Gómez (2019), que producto del análisis de la vegetación en Baja California Sur, no evidenció mayores variaciones en la cobertura vegetal en el periodo de estudio de 16 años, posiblemente influenciado no solo por la baja densidad poblacional mencionada (ya que se indica que existen lugares en donde por causa de un incremento de la población, se presentan niveles de degradación), sino también por la presencia de Áreas Naturales Protegidas en la zona dentro del área de estudio.

En relación a la vegetación arbustiva / praderas / pastizales / matorrales (la que en el presente investigación fue identificado como “tierras improductivas”) en el distrito de Chancay, Saldaña (2019) nos indica que durante los años 2001 y 2018 estas presentaron un decremento de 529.64 Ha, esto equivale a un ratio de -29.420 Ha/año con un índice de Kappa promedio del 97.03 %. En el caso del distrito de Villa Rica, durante el periodo 2000 – 2020 se evidenció un decremento de 2493.274 Ha (24.933 Km<sup>2</sup>) desde el año 2000 hasta el año 2010, y un incremento de 3133.930 Ha (31.339 Km<sup>2</sup>) desde el año 2010 al año 2020, que globalmente durante los 20 años equivalió a un aumento de 32.033 Ha/año. El decremento indicado por el autor mencionado puede ser producto de la zona geográfica en donde se ubica el distrito de Chancay (zona de costa, donde existe una mayor cantidad de habitantes), y es esperada una reducción de estas áreas por causa de la presión poblacional para la habilitación de nuevas áreas urbanas; mientras que, en el distrito de Villa Rica generalmente existe una menor presión por parte de la población para este tipo de fin, el incremento de estas áreas improductivas puede suponerse como un área de transición de áreas boscosas a áreas de cultivo, como se evidencia directamente en el caso de la presente investigación. Cabe resaltar que esta diferencia en los índices de Kappa evidenciados se debe a lo anteriormente explicado: el grado de dificultad que supone la designación de una única categoría cuando se realiza la mezcla de estas en campo. Así también, y en cuanto a los valores del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI), se tiene concordancia con lo indicado por Gómez (2019), donde en su trabajo de investigación para la vegetación en Baja California Sur con énfasis en áreas naturales protegidas, encontró que para la vegetación dominante de tipo matorral estuvo en rango de 0.1 – 0.4, lo cual es concordante a lo encontrado en el presente trabajo de investigación, donde aproximadamente la vegetación de similares características involucró las categorías “vegetación menos moderada” y “vegetación moderada” con un promedio del índice NDVI desde el año 2000 al 2020 de 0.3748. Por su parte, también existe similitud porcentual en cuanto

a lo determinado por Alencar da Silva et al. (2018) para la categoría de vegetación de mediana densidad en la cuenca hidrográfica del río Moxotó, Pernambuco (Brasil), donde su extensión equivalió al 15.22 % para el año 2011. En la presente investigación, esta categoría tiene similitud con las categorías “Vegetación menos moderada”, “Vegetación moderada” y “Vegetación densa” (no engloban vegetación boscosa o altamente densa), donde se obtuvo un valor del 13.580 % del territorio, y con un promedio a lo largo del periodo de la investigación (1990 – 2022) del 15.705 %.

Así también, Echevarría y Roman (2019) indican que la variación que experimentó la cobertura vegetal (de gran densidad) del distrito aledaño al área de estudio (distrito de Oxapampa) mostró un dinamismo que representó para el año 2019 el 55.51 % del territorio. En términos de similar temporalidad, para el año 2020 el distrito de Villa Rica presentó una cobertura altamente densa (la cual se asemejaría mayormente a la categoría de los autores antes indicada) del 85.93 % del territorio (70 609.590 Ha); esto puede deberse principalmente a las diferencias en el tamaño de los distritos, las prácticas agrícolas, el parcelamiento de terrenos, la deforestación y la cantidad de Áreas Naturales Protegidas que hay en estos. Un resultado del orden intermedio a lo indicado anteriormente podemos encontrarlo en el distrito de Namballe, del cual Huaman (2021) nos menciona que para el año 2018 el área densa equivalía a un total del 79 % del área total del distrito, mientras que para el 2021 se obtuvo que equivalía a únicamente el 61 %. Esto se traduce que durante los siete (07) años de estudio significó la pérdida del 30% del territorio (29 141.64 Ha) de cobertura vegetal boscosa. Lo previamente mencionado indican puede ser explicado por lo observado durante los años de estudio: expansión de la frontera agrícola, el incremento en incendios, los cambios de cobertura, la extensión de las áreas de plantaciones de árboles frutales, la pérdida de cobertura de bosques naturales convertidos en arbustos, tierras de cultivo, bosque plantados, la extensión de tierras y aparición de nuevos poblados. Resultados más significativos nos señala Saldaña (2019) que

evidenció que el área categorizada como “bosque” en la cuenca del río Cumbaza se vio deforestada durante los diez (10) años de análisis (2008 – 2017) por una reducción del 49% de la superficie total (6 750 Ha o 750 Ha/año).

Cima (2021) nos indica que para el análisis y mapeo de la deforestación en el municipio de Bacalar, Quintana Roo las categorías que corresponden al índice NDVI de 0.5 a 1 (vegetación con deficiencia leve de nutrientes y vegetación saludable) sufrieron un decremento conjunto de un total del 21.35 % (- 14.70 % y - 6.65 % respectivamente) para el periodo 2000 – 2020, el cual estuvo ligeramente distante a lo obtenido para los mismos años en el presente trabajo de investigación para el rango de índice NDVI indicado, teniendo un decremento del 10.75 % en la categoría “Vegetación densa”, y un aumento de 1.98 % de “vegetación altamente densa” (aumento neto en áreas de 208.80 Ha), esto pudiéndose deber principalmente a la cantidad de población existente en el municipio de Bacalar (que significó aproximadamente 2.4 veces la población del distrito de Villa Rica), la cual pudo influir en la aceleración del proceso de expansión urbana y las malas prácticas antrópicas; sin embargo, como proyección para el año 2030 se ha estimado que para el distrito antes mencionado se aumente en promedio para las dos categorías antes mencionadas en conjunto en un 15.044% respecto del año 2022, que lejos de significar un incremento total, se refleja netamente en la reducción de 77.48 Ha (aumento de la vegetación densa en un 18.406 % y un decremento en la vegetación altamente densa en un 3.362 %). Así mismo, Condori-Luna (2018) evidenciaron que a lo largo de los 25 años de estudio en la sub-cuenca del río Coroico - provincia Caranavi (1989 – 2014) solo comprobaron una reducción de 1142.28 Ha para la categoría de “bosques”, lo cual fue algo similar a lo obtenido en el presente trabajo de investigación, ya que la misma categoría en relación al año 1990, el año 2020 se pudo cuantificar una reducción de 1 607.327 Ha. Un panorama diferente y crítico se evidenció para el periodo de análisis 2020 – 2022 (etapa pandémica) en la misma categoría para el distrito de Villa Rica, donde se cuantificó una

reducción de 1 477.38 Ha de bosques en tan solo dos años. Esto es concordante con lo indicado por el Ministerio del Ambiente (MINAM) para algunos departamentos como Ucayali, Loreto y Madre de Dios, sin embargo, también tiene correlación a partir del asesinato de defensores ambientales en la zona de frontera entre las regiones de Ucayali, Huánuco y Pasco<sup>10</sup>. Sin embargo, no solo a escala nacional se pudo percibir el problema mencionado, sino que también la deforestación fue notada en diversos países alrededor del mundo como Rusia, Brazi, Australia y Estados Unidos, entre otros<sup>11</sup>. Sin embargo, como proyección para el año 2030, el presente trabajo de investigación pudo estimar un valor de 68 745.993 Ha para la categoría de Bosques ( $R^2 = 0.1157$ ), cuyo valor ajustado por el resultado obtenido para el año 2022 podría verse afectado aún por efectos post-pandemia, así como por eventos sociales, normatividad ambiental, entreo otros.

Finalmente, en el presente trabajo de investigación también se tiene una concordancia con lo señalado por Pacheco et al. (2020), que nos indican que los valores promedio del índice NDVI para todas las categorías de la cobertura vegetal identificada en la provincia Manabí (Ecuador) en los años 1998, 2008 y 2018 fue de 0.427. Este resultado es bastante similar a lo encontrado en el distrito de Villa Rica, donde los valores del índice NDVI para el periodo 2000 – 2020 varían de 0.414 en el año 2000, 0.407 en el año 2010, a 0.423 en el año 2020, con un promedio de 0.415, así como su proyección para el año 2030 con un valor de índice de 0.420. Esto es debido a la cantidad de bosques existentes en ambas provincias, en cuanto a la provincia de Manabí, también influye considerablemente la cercanía latitudinal (ubicado en el Ecuador).

---

<sup>10</sup> <https://es.mongabay.com/2021/10/peru-aumenta-deforestacion-cifras-bosques/>

<sup>11</sup> <https://es.mongabay.com/2021/04/deforestacion-aumento-planeta-2020/>

## VI. CONCLUSIONES

De lo desarrollado en el presente trabajo de investigación, se puede concluir lo siguiente:

- a. Los valores del área de cada categoría del uso actual de la tierra determinados según la UGI (Unión Geográfica Internacional) durante el periodo 1990 – 2022 fueron en promedio de 67 744.029 Ha para la categoría de “bosque”, 6 254.442 Ha para la categoría de “árboles y otros cultivos perennes”, 2 807.002 Ha para la categoría de “asentamientos y tierras no agrícolas asociadas”, y de 5 386.105 Ha para la categoría de “tierras improductivas”. Estas áreas experimentaron variaciones promedio por periodos que fueron mayores al 5% en todas las categorías del Uso Actual de la Tierra determinados, con un promedio mínimo de -10.504 % (promedio 2000 – 2010), a un promedio máximo de 49.783 % (promedio 2000 – 2022). Así mismo, las ecuaciones de regresión fueron de carácter lineal simple, con valores del coeficiente de determinación que variaron de  $R^2 = 0.083998$  (Árboles y otros cultivos perennes) a  $R^2 = 0.641356$  (Asentamientos y tierras no agrícolas asociadas).
- b. Los valores del índice y área de cada categoría del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) determinados durante el periodo 1990 – 2022 fueron en promedio de 0.0112 / 39.645 Ha para la categoría de “áreas sin actividad fotosintética”, 0.1499 / 48.654 Ha para la categoría de “áreas con muy baja actividad fotosintética”, 0.3002 / 137.592 Ha para la categoría de “áreas con baja actividad fotosintética”, 0.4512 / 308.232 Ha para la categoría de “áreas con mediana actividad fotosintética”, 0.7447 / 12 458.00 Ha para la categoría de “áreas con alta actividad fotosintética” y de 0.8484 / 69 177.40 Ha para la categoría de

“áreas con muy alta actividad fotosintética”. Estas áreas correspondientes a las categorías de la calidad de la cubierta vegetal experimentaron variaciones mayores al 5%, con un promedio mínimo de -11.758 % (promedio 2020 – 2022), a un promedio máximo de 45.414 % (promedio 1990 – 2000); sin embargo, los valores del propio índice NDVI evidenciaron una variación promedio mínima del -7.810 % (promedio 2020 – 2022), a una variación promedio máxima de 67.760 % (promedio 2000 – 2010). Así mismo, las ecuaciones de regresión para los índices NDVI fueron en su mayoría de carácter lineal simple, con excepción de la categoría “sin vegetación” que fue de carácter exponencial simple, con valores del coeficiente de determinación que variaron de  $R^2 = 0.262314$  a  $R^2 = 0.830222$ . Por otro lado, para las ecuaciones de las áreas del mismo fueron de carácter lineal simple, con valores del coeficiente de determinación que variaron de  $R^2 = 0.000096$  a  $R^2 = 0.636018$ .

- c. La variación promedio por periodo estimada para las áreas de las categorías del uso actual de la tierra determinados según la UGI (Unión Geográfica Internacional) en las categorías de: Asentamientos y tierras no agrícolas asociadas, Bosques, Árboles y otros cultivos perennes, y Tierras improductivas para el año 2030 fue mayor al 5 % (5.927 %); mientras que para las áreas de la calidad de la cubierta vegetal según las categorías del índice NDVI: áreas sin actividad fotosintética, áreas con muy baja actividad fotosintética, áreas con baja actividad fotosintética, áreas con mediana actividad fotosintética, áreas con alta actividad fotosintética, y áreas con muy alta actividad fotosintética también fueron mayores al 5 % (16.288 %); sin embargo, para los valores propios del índice NDVI antes mencionado, solo evidenció una variación promedio al año 2030 del -1.289 %, menor al 5 % .

## VII. RECOMENDACIONES

Las recomendaciones generadas a partir del trabajo de investigación presentado son las siguientes:

- a. Para poder evidenciar resultados más fiables durante el cálculo y determinación de los mismos, se es altamente recomendable poder usar imágenes satelitales de menor resolución espacial (tamaño de píxel). De esta manera, la delimitación de las áreas de entrenamiento por parte del programa especializado a utilizar (ENVI, ERDAS Imagine, etc.) será más precisa por causa de la mayor calidad y claridad en la definición de las entidades o categorías.
- b. El autor recomienda el uso del procedimiento de empalme de imágenes satelitales únicamente en áreas que pertenezcan a una misma categoría y tengan una extensión considerable (por ejemplo, para la categoría de “bosques”), para poder obtener el mosaico de una única imagen satelital según el área y año de estudio (de ser el alcance de la investigación). Así mismo, esta categoría deberá evidenciarse no tenga una variación significativa en el tiempo que pudiera suponer un potencial error al usar métodos de clasificación entrenados (clasificación supervisada).
- c. Evaluar, en tanto sea posible, si existe alguna influencia directa o indirecta entre la evolución de la calidad vegetal (Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI)), el Uso Actual de la Tierra y el dinamismo poblacional del distrito. Así como también poder evaluar la existencia de alguna influencia directa o indirecta entre la evolución de la calidad vegetal (Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada o NDVI), el Uso Actual de la Tierra y la cantidad de productos exportados totales del distrito.

- d. Para estudios y control periódico de la evolución del Uso Actual de la Tierra y el índice NDVI en el distrito, realizar el procesamiento con imágenes que tengan la menor cantidad de nubosidad posible, por medio de la selección de fechas / periodos específicos y el uso de otras fuentes de recolección información (vehículos aéreos no tripulados (RPAS), aviones, avionetas, etc.).
- e. Comparar los resultados obtenidos en la presente investigación con el empleo de otros índices matemáticos (SAVI, EVI, etc.) y softwares que puedan evaluar la salud / calidad de la vegetación, el índice de deforestación y los cambios de uso actual de tierras del distrito de Villa Rica.
- f. Poder dar uso a software especializado que permita poder proyectar, identificar, modelar y digitalizar áreas potenciales (más probables) que muestren escenarios futuros en torno a la calidad vegetativa y/o uso actual del suelo, como por ejemplo mediante el software Idrisi selva.
- g. El aporte del presente trabajo de investigación realizado recae en la posibilidad de ser considerado como material bibliográfico para la elaboración de diversos instrumentos de gestión relacionados al campo ambiental y territorial, así como de poder ser utilizado a un nivel gerencial para la toma de decisiones en dichos campos, la cual podría ser de utilidad a los gobiernos distritales (Villa Rica, Oxapampa), provinciales y regionales, el Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas (SERNANP), el Ministerio del Ambiente (MINAM), Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MIDAGRI), el Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR), Organizaciones No Gubernamentales (ONG), entre otros, frente a escenarios a mediano – largo plazo para el control adecuado del ordenamiento territorial y vigilancia ambiental forestal del distrito de Villa Rica.

## VIII. REFERENCIAS

- A, Z., Samsuri, A., A., & R., S. (2018). Normalized difference vegetation index (ndvi) analysis for land cover types using landsat 8 oli in besitang watershed, Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (págs. 1-9). IOP Publishing. doi:10.1088/1755-1315/126/1/012112
- Acosta, D. (2022). *Análisis espacial y temporal de la cobertura de vegetación y humedad del suelo, mediante imágenes Landsat, en la zona de influencia de la represa Cuchoquesera, región Ayacucho*. Tingo María.
- Aguilar, H., Mora, R., & Vargas, C. (2014). *Metodología para la corrección atmosférica de imágenes Aster, Rapideye, Spot 2 y Landsat 8 con el módulo FLAASH del software ENVI*. San José.
- Alburquerque, M.V., & Col. (2008). *Influencia de las cubiertas vegetales de suelo en un viñedo de Tempranillo en la D.O. Rueda*. Viticultura Enológica Profesional.
- Alencar da Silva, K., Parodi, M., Silva, R., & Opazo, D. (2018). *Variabilidad espacial y temporal de la cobertura vegetal de los años 1984 a 2011 en la cuenca hidrográfica del río Moxotó, Pernambuco, Brasil*. Pernambuco.
- Álvarez, R. (1996). *El método científico en las ciencias de la salud*. Madrid: Días de Santos, S.A.
- Borrego, A., & Hernández, R. (2014). Desarrollo de comunidades rurales y degradación de recursos forestales en la región Occidente de México. *Economía Informa*, 386, 16–30. doi:<https://doi.org/10.1016/S0185-0849>
- Burgos, V., & Salcedo, A. (2014). *Modelos digitales de elevación: Tendencias, correcciones hidrológicas y nuevas fuentes de información*. Mendoza, Argentina.

- Cartes, M. (2009). *Pronóstico de volúmenes de deshielos mediante redes neuronales recurrentes e imágenes satelitales MODIS*. Santiago de Chile: Universidad de Chile.
- Chander, G., Markham, B., & Helder, D. (2009). *Summary of Current Radiometric Calibration Coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI Sensors*. Greenbelt. doi:<https://doi.org/10.1016/j.rse.2009.01.007>
- Choquehuanca, V. (2019). *Análisis multitemporal del crecimiento urbano de la ciudad de Puno mediante imágenes satelitales, entre los años 1980 – 2017*. Puno: UNA-PUNO. Obtenido de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/12046>
- Chuvieco, E. (1995). *Fundamentos de Teledetección Espacial* (Segunda ed.). Madrid, España: RIALP, S.A. Obtenido de <http://cursosihlla.bdh.org.ar/Sist.%20Cart.%20y%20Teledet./Bibliografia/FUNDAMENTOS-DE-TELEDETECCION-EMILIO-CHUVIECO.pdf>
- Cima, M. (2021). *Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI): Análisis y Mapeo de la deforestación en el municipio de Bacalar, Quintana Roo*. Chetumal - México. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12249/2768>
- Condori-Luna, I., Loza-Murguía, M., Mamani-Pati, F., & Hugo, S.-V. (2018). *Análisis multitemporal de la cobertura boscosa empleando la metodología de teledetección espacial y SIG en la sub-cuenca del río Coroico - provincia Caranavi en los años 1989 – 2014*. La Paz: Selva Andina Research Society.
- Echevarría, M., & Roman, M. (2019). *Evaluación multitemporal del cambio de uso y cobertura de suelo con imágenes geoespaciales en el distrito de Oxapampa, Perú 2014-2019*. Lima: Universidad Peruana Unión. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12840/2431>

- Galindo-Domínguez, H. (2020). *Estadística para no estadísticos: una guía básica sobre la metodología cuantitativa de trabajos académicos*. Alcoy: Área de Innovación y Desarrollo, S.L. Obtenido de <https://www.3ciencias.com/wp-content/uploads/2020/03/Estad%3%ADstica-para-no-estad%3%ADsticos-Una-gu%3%ADa-b%3%A1sica-sobre-la-metodolog%3%ADa-cuantitativa-de-trabajos-acad%3%A9micos-2.pdf>
- Gandía, S., & Meliá, J. (1991). *La teledetección en el seguimiento de los fenómenos naturales. Recursos renovables: agricultura*. Valencia: Universitat de Valencia.
- Gobierno Regional de Tacna. (2013). *Memoria descriptiva del mapa de uso actual de tierras de la región Tacna*. Tacna.
- Gómez, D. (2019). *Variación espacial y temporal de la vegetación en Baja California Sur, con énfasis en áreas naturales protegidas*. La Paz, B. C. S. Obtenido de <http://dspace.cibnor.mx:8080/handle/123456789/2890>
- Hassan, R., Scholes, R., & Ash, N. (2005). Ecosystems and Human Well-being : Current State and Trends. *Millennium Ecosystem Assessment, 1*, vii. Obtenido de <https://www.millenniumassessment.org/documents/document.356.aspx.pdf>
- Huaman, W. (2021). *Análisis de la pérdida de cobertura vegetal boscosa en el distrito de Namballe, provincia de San Ignacio mediante el uso del Índice de Vegetación de diferencia normalizada (NDVI)*. Cajamarca.
- Hudson, N. (1997). *Medición sobre el terreno de la erosión del suelo y de la escorrentía*. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Obtenido de <https://www.fao.org/3/T0848S/T0848S00.htm>

- Instituto Nacional de Recursos Naturales (INRENA). (1994). *Mapa Fisiográfico del Perú (Memoria explicativa)*. Lima.
- Instituto Nacional de Recursos Naturales. (1996). *Mapa de suelos del Perú*. Lima.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2007). *Climate Change 2007 The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Reino Unido: Cambridge University Press.
- Jensen, J. (2007). *Remote sensing of the environment*. Nueva Jersey: Pearson Prentice Hall.
- Kemp, K. (2008). *Encyclopedia of geografic information sciene*. California: SAGE Publications.
- Lara, R., Lizeca, J., & Fukushima, Y. (2002). *Memoria del mapa de cobertura y uso actual de la tierra*. La Paz, Bolivia: Superintendencia Agraria.
- Manchego, M. (2017). *Variabilidad espacio-temporal de la vegetación en la cuenca Quilca-Chili durante el periodo 2005-2015*. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Arequipa. Obtenido de <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/4043>
- Márquez, D. (2016). *Efectos del mantenimiento de la cubierta vegetal en el cultivo de vid sobre las características del suelo y la fenología del cultivo*. Illes Balears: Universitat de les Illes Balears. Obtenido de <http://hdl.handle.net/11201/151777>
- Merlotto, A., Piccolo, M., & Bértola, G. (2012). *Crecimiento urbano y cambios del uso/cobertura del suelo en las ciudades de Necochea y Quequén, Buenos Aires, Argentina*. *Geografía Norte Grande*, 159-176.
- Meza, J., Quispe, E., & Tueros, T. (2012). Villa Rica. Una apuesta por el turismo y el café. *Perú Hoy*, 249-269.

- Ministerio del Ambiente & Programa Nacional de Conservación de Bosques para la Mitigación del Cambio Climático. (2019). *Infografías de los datos de la cobertura y pérdida de bosques al 2018*. Lima.
- Municipalidad Distrital de Villa Rica. (2008). *Plan de Desarrollo Concertado 2009 - 2018*. Villa Rica - Oxapampa: Desco.
- Municipalidad Distrital de Villa Rica. (2018). *Plan de desarrollo local concertado 2018 - 2030*. Distrito de Villa Rica. Obtenido de <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/3885109/PLAN%20DE%20DESARROLLO%20LOCAL%20CONCERTADO%20DISTRITO%20VILLA%20RICA%2015.10.2018.pdf.pdf?v=1669737072>
- National Aeronautics and Space Administration (NASA). (1978). *Eulusmap; an International Land Resources Map Utilizing Satellite Imagery*. Stanford.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2016). *Los bosques y el cambio climático en el Perú*. Roma.
- Pacheco, H., Zamora-Ledezma, E., & Jarre, E. (2020). *Variaciones de la cobertura vegetal empleando el índice normalizado de diferencia de vegetación para monitorear ODS en Manabí - Ecuador*. Portoviejo: Universidad Técnica de Manabí. Obtenido de <https://produccioncientificaluz.org/index.php/tecnica/article/view/33610>
- Pérez, C., & Muñoz, Á. (2006). *Teledetección: Nociones y Aplicaciones*. Salamanca: Universidad de Salamanca.
- Petite, M., & Medina, M. (2004). *Glosario de términos sobre temas de Ordenamiento Territorial y Ambientales*. Montevideo, Uruguay.

- Pinzon, J., & Tucker, C. (2014). *A non-station 1981-2012 AVHRR NDVI3g time series*. Remote Sens.
- Quintanilla, L., García-Gallego, C., Rodríguez Fernández, R., Fontes de Gracia, S., & Sarriá, E. (2020). *Fundamentos de investigación en Psicología*. Madrid: Universidad Nacional de Educación a Distancia.
- Rizvi, R., Yadav, R., Singh, R., Datt, K., & Khan I. & Dhyani, S. (2009). *Spectral Analysis of Remote Sensing Image for Assessment of Agroforestry Areas in Yamunanagar district of Haryana*. Haryana: ISRS Symposium-2009.
- Rodríguez, D., Sánchez, N., Domínguez, J., & Marta, C. (2015). *Cuestiones de Teledetección*. Madrid.
- Rouse, J., Haas, R., Schell, J., & Deering, D. (1974). Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. *NASA Spec Publ*, 351:309.
- Saldaña, M. (2019). *Análisis de la deforestación en la cuenca del río Cumbaza mediante el uso de imágenes satelitales desde el año 2008 al 2017*. Lima: Universidad Nacional Federico Villarreal.
- Saldaña, V. (2019). *Análisis de los cambios de cobertura y uso de suelo con imágenes satelitales del distrito de chancay años 2001 y 2018*. Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.14074/2990>
- Sistema Nacional de Evaluación, Acreditación y Certificación de la Calidad Educativa (SINEACE). (2020). *Caracterización de la región Pasco*.
- Sobrino, J., Raissouni, N., Kerr, Y., Oliosio, A., López-García, M., Belaid, A., . . . Dempere, L. (2000). *Teledetección*. Valencia.

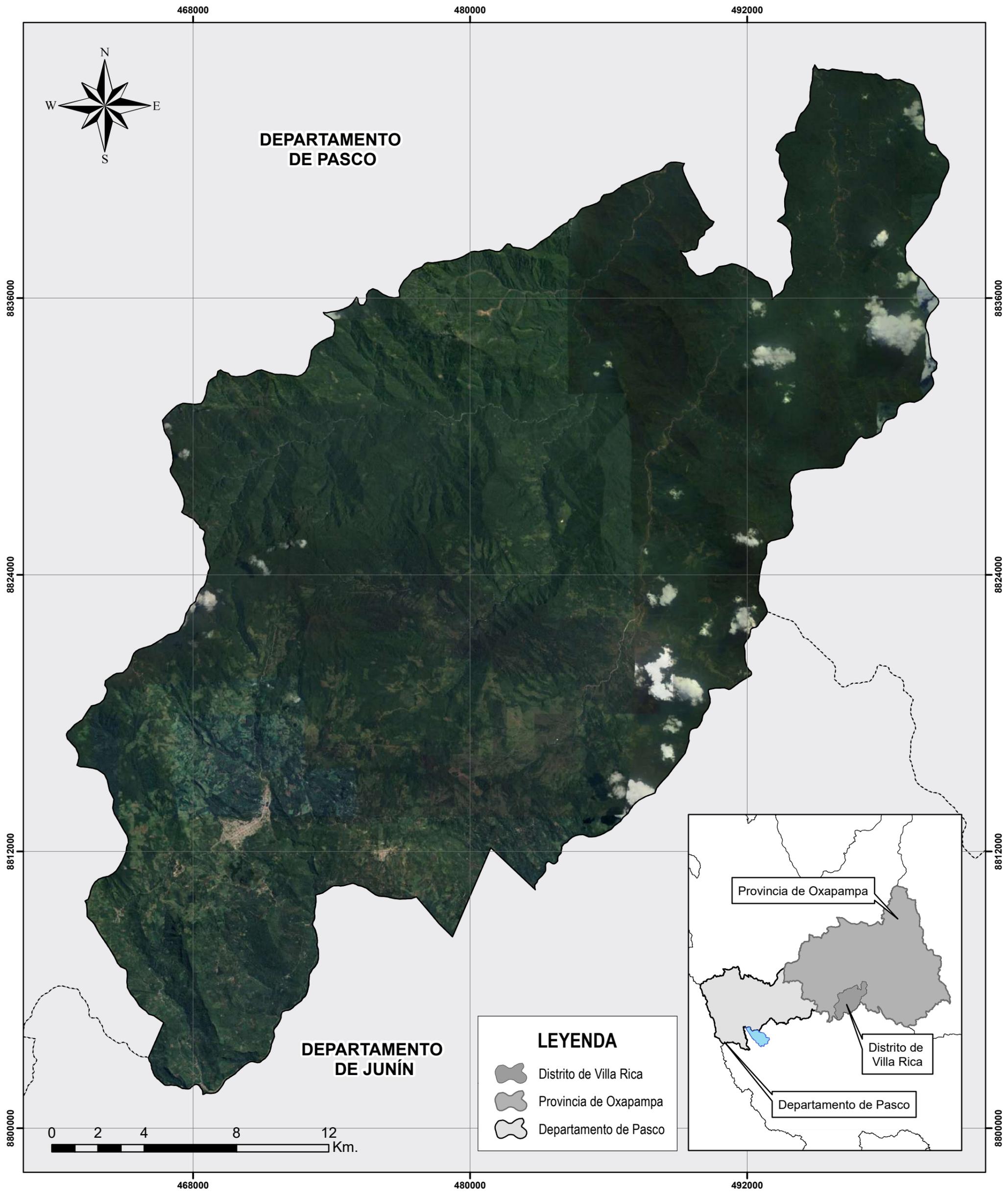
T., G., Dent, D., Olsson, L., E., A., & J., C. (2015). *Use of the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) to Assess Land Degradation at Multiple Scales*. Springer.

United States Geological Survey (USGS). (s.f.). *Landsat Levels of Processing*. Obtenido de <https://www.usgs.gov/landsat-missions/landsat-levels-processing>

Wang, F., Wang, X., Zhao, Y., & Yang, Z. (2014). *Temporal variations of NDVI and correlations between NDVI and hydro-climatological variables at Lake Baiyangdian, China*. *Int. J. Biometeorol*, 1531–1543.

## **IX. ANEXOS**

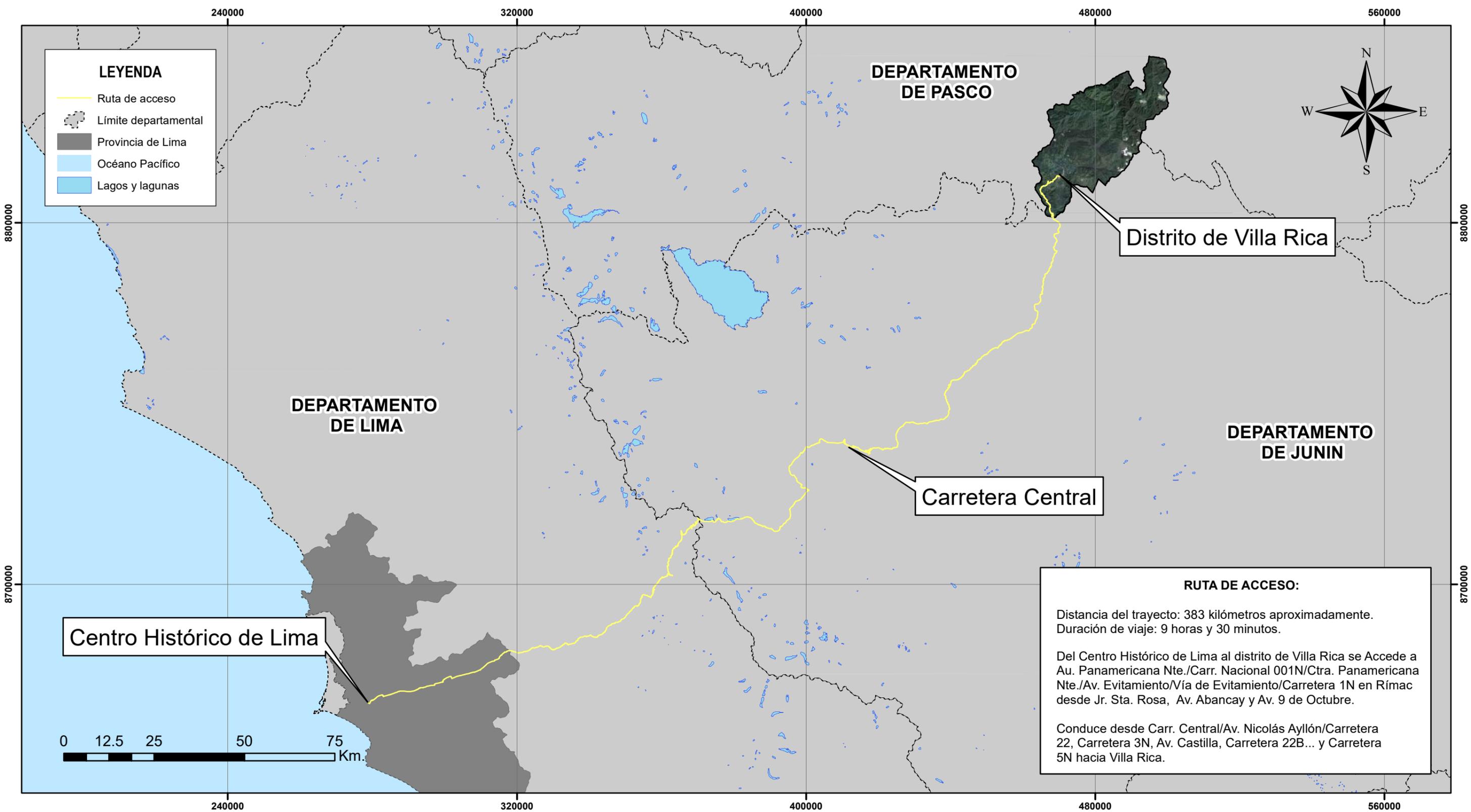
### **9.1. Mapa de ubicación**



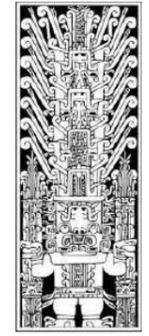
ESTUDIO	UBICACIÓN GEOGRÁFICA	AUTORÍA	DATOS ESPECÍFICOS	REFERENCIAS	DATOS ADICIONALES	CASA DE ESTUDIOS
EVOLUCIÓN Y ESTIMACIÓN DEL USO ACTUAL DE LA TIERRA Y LA CALIDAD DE LA CUBIERTA VEGETAL EN EL DISTRITO DE VILLA RICA	DISTRITO	REALIZADO POR	SISTEMA DE COORDENADAS	GOOGLE SATELLITE - SAS PLANET	FECHA	UNIVERSIDAD
	VILLA RICA	BACH. NILTON JUAN ESPINOZA ARISTIZABAL	UTM WGS-84 ZONA 18 SUR		25/08/2022	UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
NOMBRE DEL MAPA	PROVINCIA	REVISADO POR	ESCALA	MINISTERIO DEL AMBIENTE (MINAM)	NÚMERO DE MAPA	FACULTAD
	OXAPAMPA	MAG. ING. CARMEN VENTURA BARRERA	1:150,000		14	INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO
UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	REGIÓN		CODIFICACIÓN	ALASKA SATELLITE FACILITY (ASF)	FORMATO DE HOJA	ESCUELA PROFESIONAL
	PASCO		VR - AD - 02		FORMATO A3	INGENIERÍA AMBIENTAL



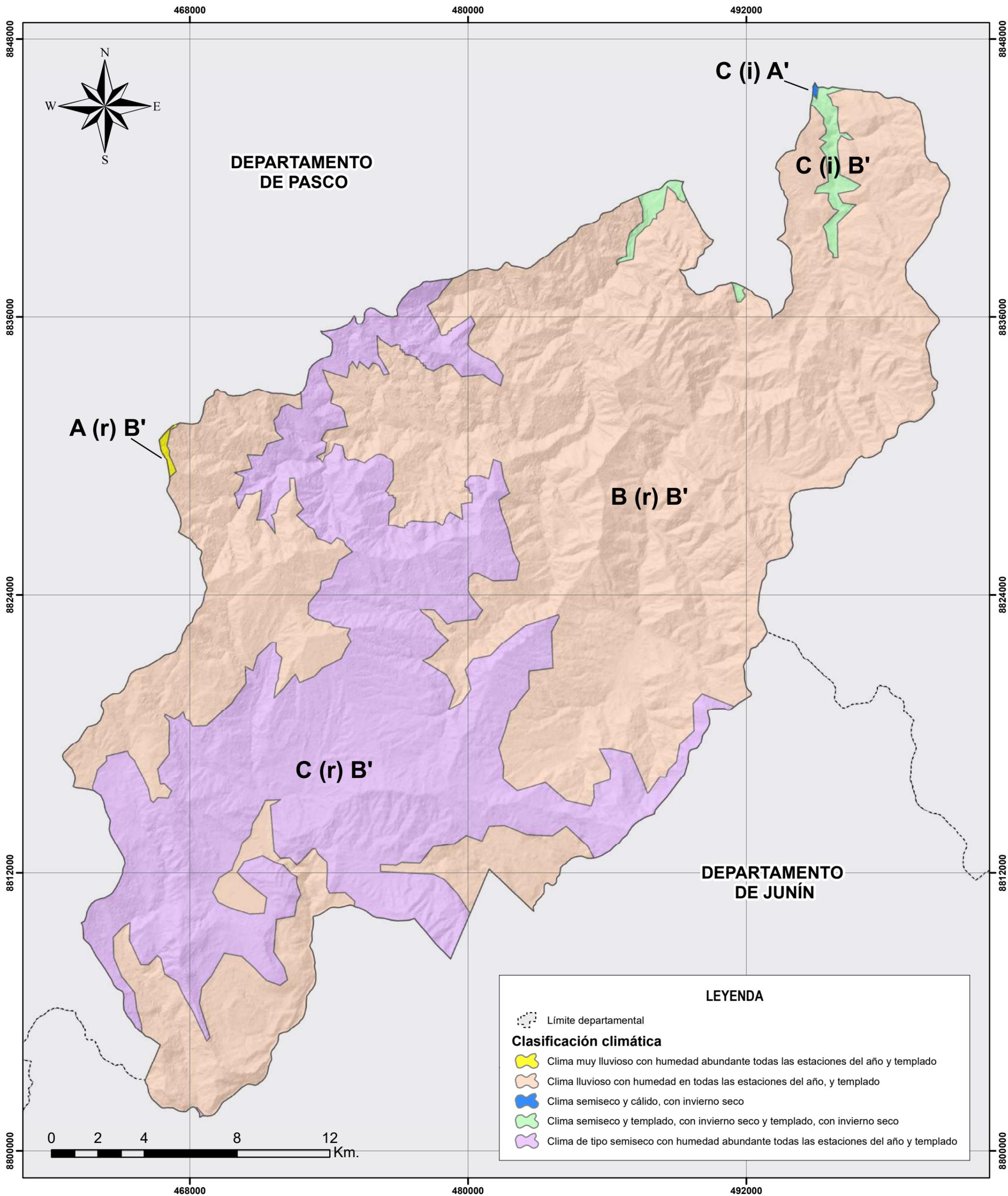
## 9.2. Mapa de ruta de acceso



ESTUDIO	UBICACIÓN GEOGRÁFICA	AUTORÍA	DATOS ESPECÍFICOS	REFERENCIAS	DATOS ADICIONALES	CASA DE ESTUDIOS
EVOLUCIÓN Y ESTIMACIÓN DEL USO ACTUAL DE LA TIERRA Y LA CALIDAD DE LA CUBIERTA VEGETAL EN EL DISTRITO DE VILLA RICA	<b>DISTRITO</b>	<b>REALIZADO POR</b>	<b>SISTEMA DE COORDENADAS</b>	GOOGLE SATELLITE - SAS PLANET	<b>FECHA</b>	<b>UNIVERSIDAD</b>
	VILLA RICA	BACH. NILTON JUAN ESPINOZA ARISTIZABAL	UTM WGS-84 ZONA 18 SUR		19/02/2023	UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
<b>NOMBRE DEL MAPA</b>	<b>PROVINCIA</b>	<b>REVISADO POR</b>	<b>ESCALA</b>	MINISTERIO DEL AMBIENTE (MINAM)	<b>NÚMERO DE MAPA</b>	<b>FACULTAD</b>
	OXAPAMPA	MAG. ING. CARMEN VENTURA BARRERA	1:988,595	ALASKA SATELLITE FACILITY (ASF)	13	INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO
RUTA DE ACCESO	<b>REGIÓN</b>		<b>CODIFICACIÓN</b>		<b>FORMATO DE HOJA</b>	<b>ESCUELA PROFESIONAL</b>
	PASCO		VR - AD - 01		FORMATO A3	INGENIERÍA AMBIENTAL



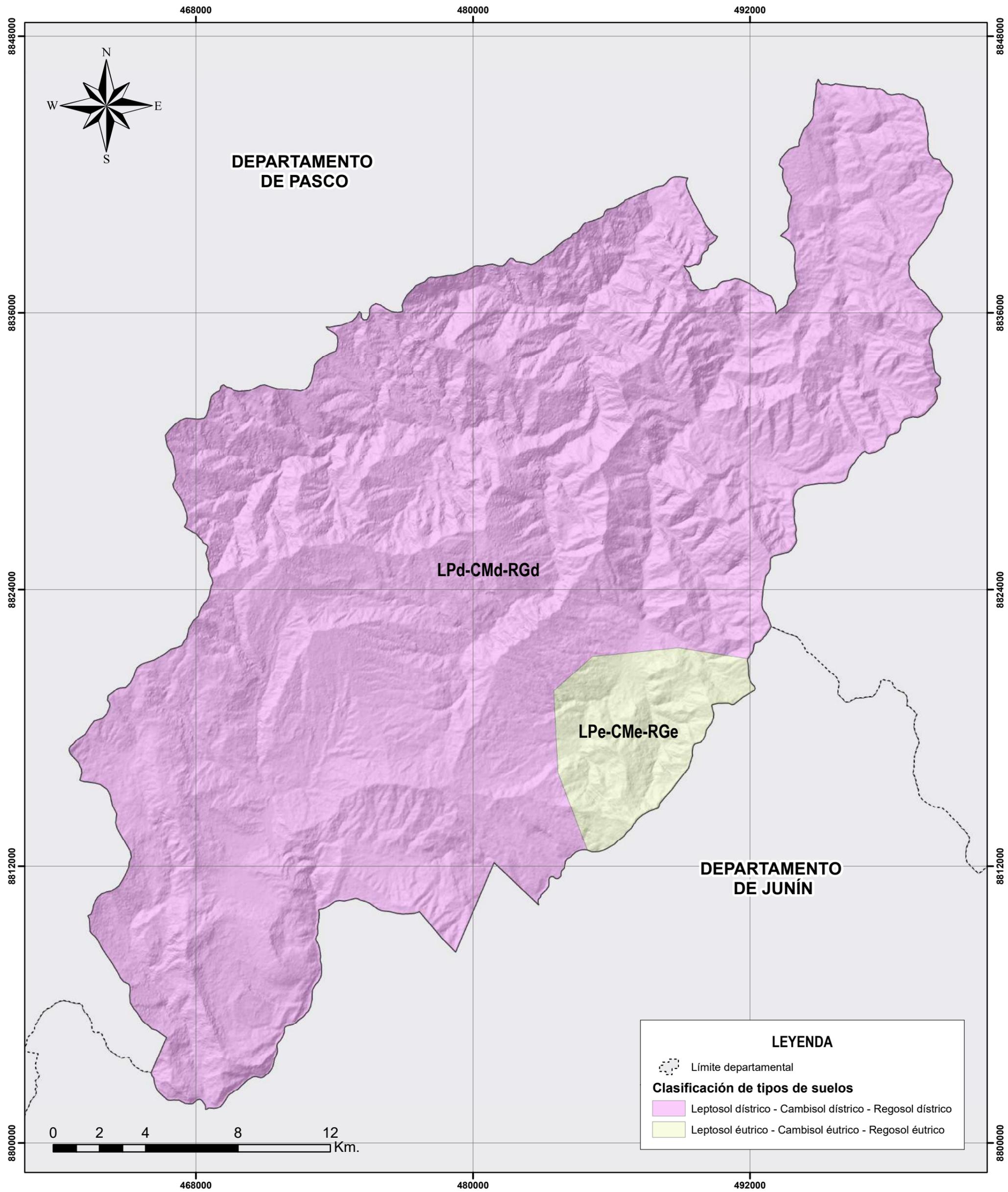
### 9.3. Mapa climatológico



ESTUDIO	UBICACIÓN GEOGRÁFICA	AUTORÍA	DATOS ESPECÍFICOS	REFERENCIAS	DATOS ADICIONALES	CASA DE ESTUDIOS
EVOLUCIÓN Y ESTIMACIÓN DEL USO ACTUAL DE LA TIERRA Y LA CALIDAD DE LA CUBIERTA VEGETAL EN EL DISTRITO DE VILLA RICA	<b>DISTRITO</b> VILLA RICA	<b>REALIZADO POR</b> BACH. NILTON JUAN ESPINOZA ARISTIZABAL	<b>SISTEMA DE COORDENADAS</b> UTM WGS-84 ZONA 18 SUR	SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA (SENAMHI)	<b>FECHA</b> 15/08/2022	<b>UNIVERSIDAD</b> UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
	<b>PROVINCIA</b> OXAPAMPA		<b>ESCALA</b> 1:150,000		<b>MINISTERIO DEL AMBIENTE (MINAM)</b>	
<b>NOMBRE DEL MAPA</b> CLIMATOLOGÍA DEL DISTRITO DE VILLA RICA	<b>REGIÓN</b> PASCO	<b>REVISADO POR</b> MAG. ING. CARMEN VENTURA BARRERA	<b>CODIFICACIÓN</b> VR - LB - 01	ALASKA SATELLITE FACILITY (ASF)	<b>FORMATO DE HOJA</b> FORMATO A3	<b>FACULTAD</b> INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO
						<b>ESCUELA PROFESIONAL</b> INGENIERÍA AMBIENTAL



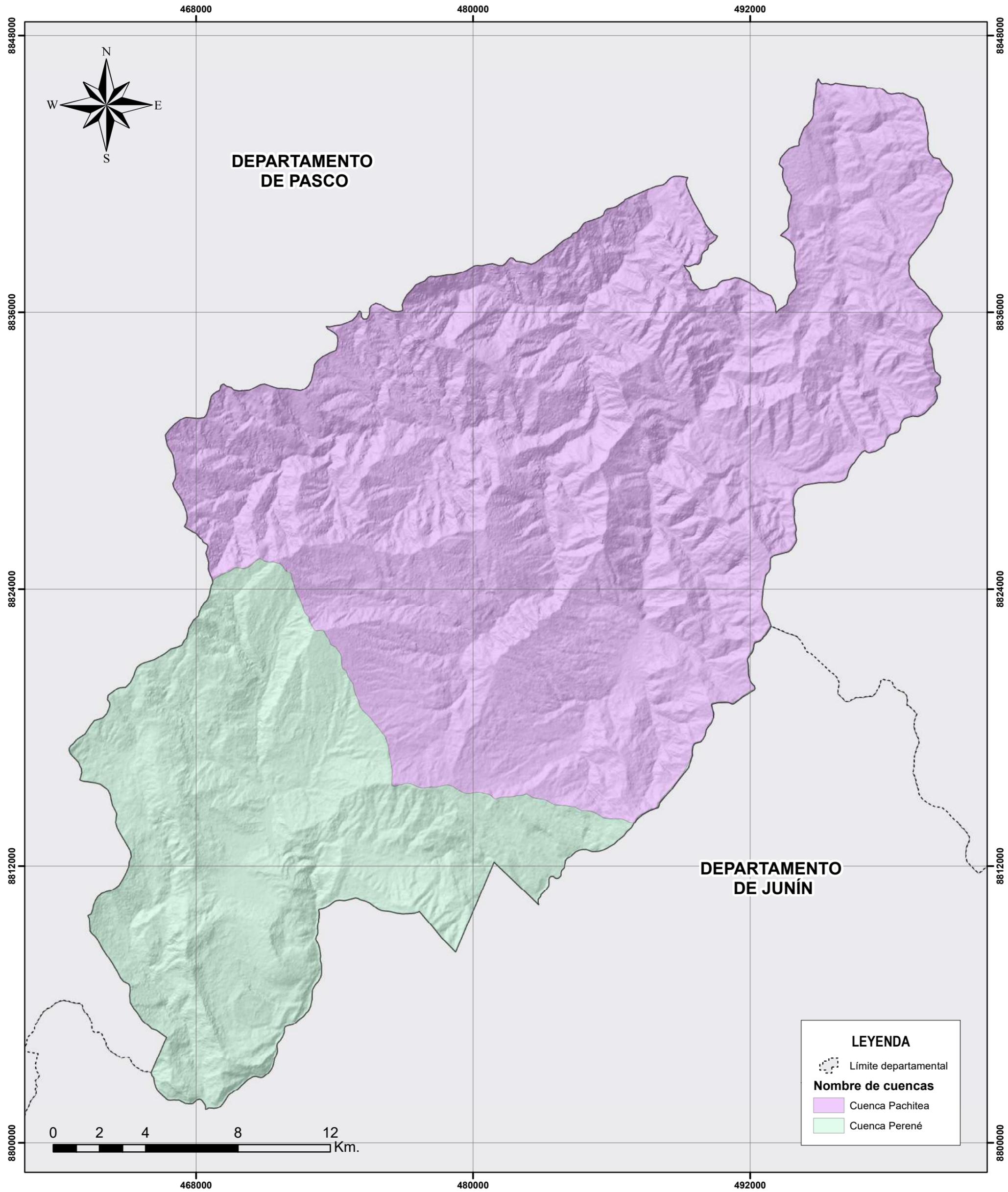
#### **9.4. Mapa de tipos de suelo**



ESTUDIO	UBICACIÓN GEOGRÁFICA	AUTORÍA	DATOS ESPECÍFICOS	REFERENCIAS	DATOS ADICIONALES	CASA DE ESTUDIOS
EVOLUCIÓN Y ESTIMACIÓN DEL USO ACTUAL DE LA TIERRA Y LA CALIDAD DE LA CUBIERTA VEGETAL EN EL DISTRITO DE VILLA RICA	DISTRITO	REALIZADO POR	SISTEMA DE COORDENADAS	MIDAGRI	FECHA	UNIVERSIDAD
	VILLA RICA	BACH. NILTON JUAN ESPINOZA ARISTIZABAL	UTM WGS-84 ZONA 18 SUR		15/08/2022	UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
NOMBRE DEL MAPA	PROVINCIA	REVISADO POR	ESCALA	MINISTERIO DEL AMBIENTE (MINAM)	NÚMERO DE MAPA	FACULTAD
	OXAPAMPA	MAG. ING. CARMEN VENTURA BARRERA	1:150,000	ALASKA SATELLITE FACILITY (ASF)	22	INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO
TIPOS DE SUELO DEL DISTRITO DE VILLA RICA	REGIÓN		CODIFICACIÓN		FORMATO DE HOJA	ESCUELA PROFESIONAL
	PASCO		VR - LB - 09		FORMATO A3	INGENIERÍA AMBIENTAL



## 9.5. Mapa hidrológico



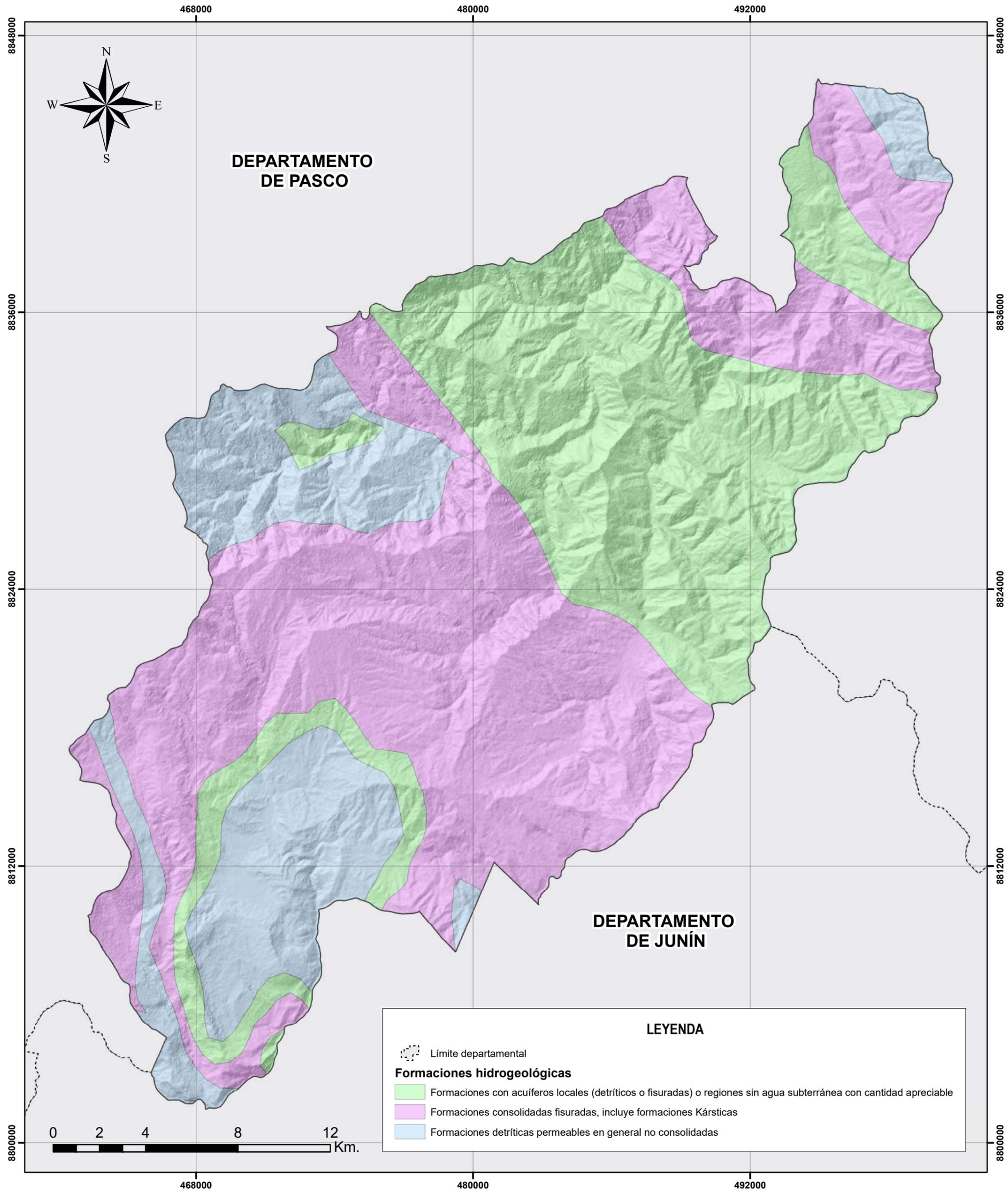
**LEYENDA**

- Límite departamental
- Nombre de cuencas**
- Cuenca Pachitea
- Cuenca Perené

ESTUDIO	UBICACIÓN GEOGRÁFICA	AUTORÍA	DATOS ESPECÍFICOS	REFERENCIAS	DATOS ADICIONALES	CASA DE ESTUDIOS
EVOLUCIÓN Y ESTIMACIÓN DEL USO ACTUAL DE LA TIERRA Y LA CALIDAD DE LA CUBIERTA VEGETAL EN EL DISTRITO DE VILLA RICA	<b>DISTRITO</b> VILLA RICA	<b>REALIZADO POR</b> BACH. NILTON JUAN ESPINOZA ARISTIZABAL	<b>SISTEMA DE COORDENADAS</b> UTM WGS-84 ZONA 18 SUR	AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA (ANA)	<b>FECHA</b> 15/08/2022	<b>UNIVERSIDAD</b> UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
	<b>PROVINCIA</b> OXAPAMPA		<b>ESCALA</b> 1:150,000	MINISTERIO DEL AMBIENTE (MINAM)	<b>NÚMERO DE MAPA</b> 26	<b>FACULTAD</b> INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO
<b>NOMBRE DEL MAPA</b> HIDROLOGÍA DEL DISTRITO DE VILLA RICA	<b>REGIÓN</b> PASCO	<b>REVISADO POR</b> MAG. ING. CARMEN VENTURA BARRERA	<b>CODIFICACIÓN</b> VR - LB - 13	ALASKA SATELLITE FACILITY (ASF)	<b>FORMATO DE HOJA</b> FORMATO A3	<b>ESCUELA PROFESIONAL</b> INGENIERÍA AMBIENTAL



## 9.6. Mapa hidrogeológico



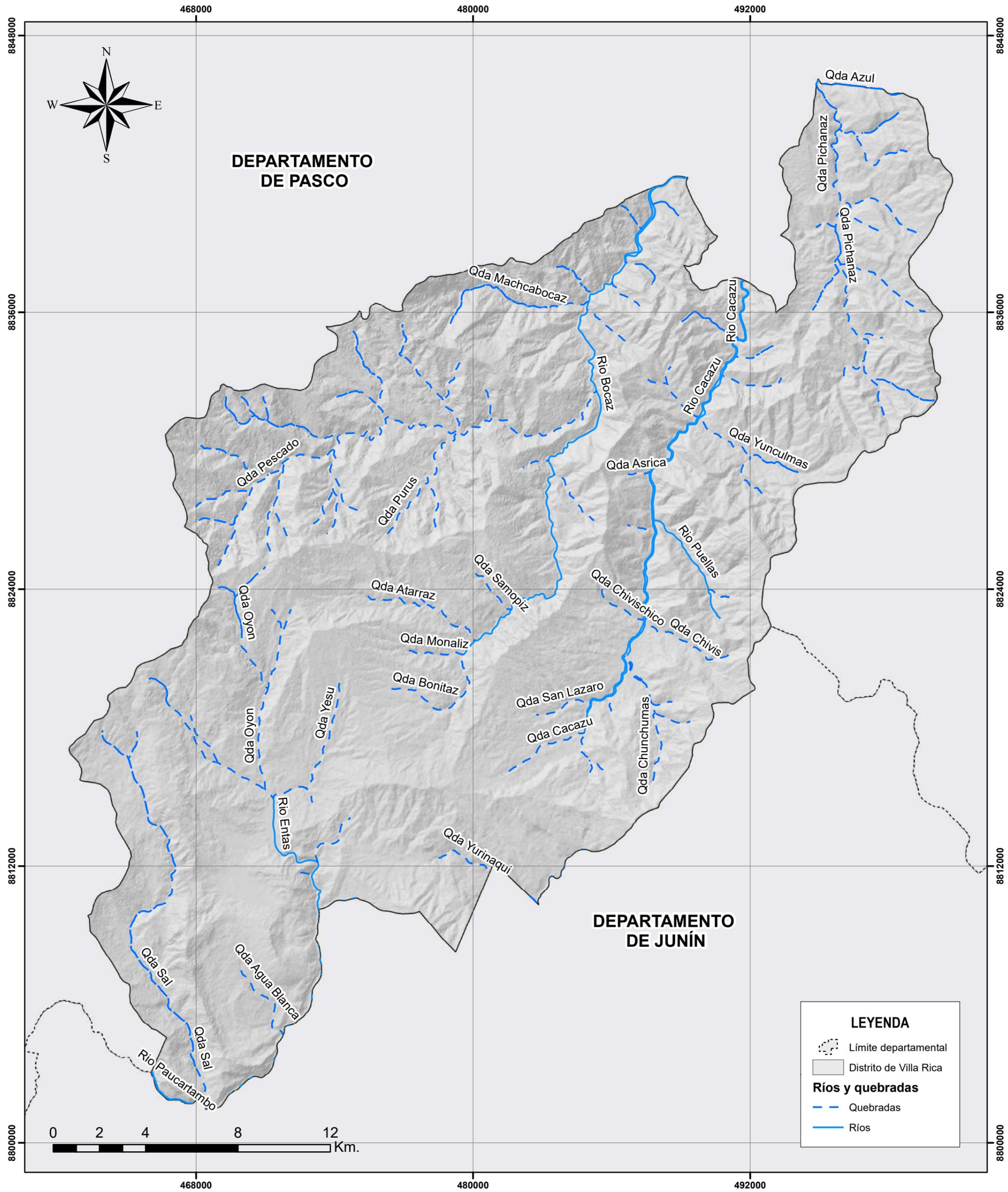
**LEYENDA**

- Límite departamental
- Formaciones hidrogeológicas**
- Formaciones con acuiferos locales (detriticos o fisuradas) o regiones sin agua subterranea con cantidad apreciable
- Formaciones consolidadas fisuradas, incluye formaciones Kársticas
- Formaciones detriticas permeables en general no consolidadas

ESTUDIO	UBICACIÓN GEOGRÁFICA	AUTORÍA	DATOS ESPECÍFICOS	REFERENCIAS	DATOS ADICIONALES	CASA DE ESTUDIOS
EVOLUCIÓN Y ESTIMACIÓN DEL USO ACTUAL DE LA TIERRA Y LA CALIDAD DE LA CUBIERTA VEGETAL EN EL DISTRITO DE VILLA RICA	<b>DISTRITO</b> VILLA RICA	<b>REALIZADO POR</b> BACH. NILTON JUAN ESPOZO ARISTIZABAL	<b>SISTEMA DE COORDENADAS</b> UTM WGS-84 ZONA 18 SUR	INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO (INGEMMET)	<b>FECHA</b> 15/08/2022	<b>UNIVERSIDAD</b> UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
	<b>PROVINCIA</b> OXAPAMPA		<b>ESCALA</b> 1:150,000		<b>NÚMERO DE MAPA</b> 27	
<b>NOMBRE DEL MAPA</b> HIDROGEOLOGÍA DEL DISTRITO DE VILLA RICA	<b>REGIÓN</b> PASCO	<b>REVISADO POR</b> MAG. ING. CARMEN VENTURA BARRERA	<b>CODIFICACIÓN</b> VR - LB - 14	MINISTERIO DEL AMBIENTE (MINAM)	<b>FORMATO DE HOJA</b> FORMATO A3	<b>ESCUELA PROFESIONAL</b> INGENIERÍA AMBIENTAL



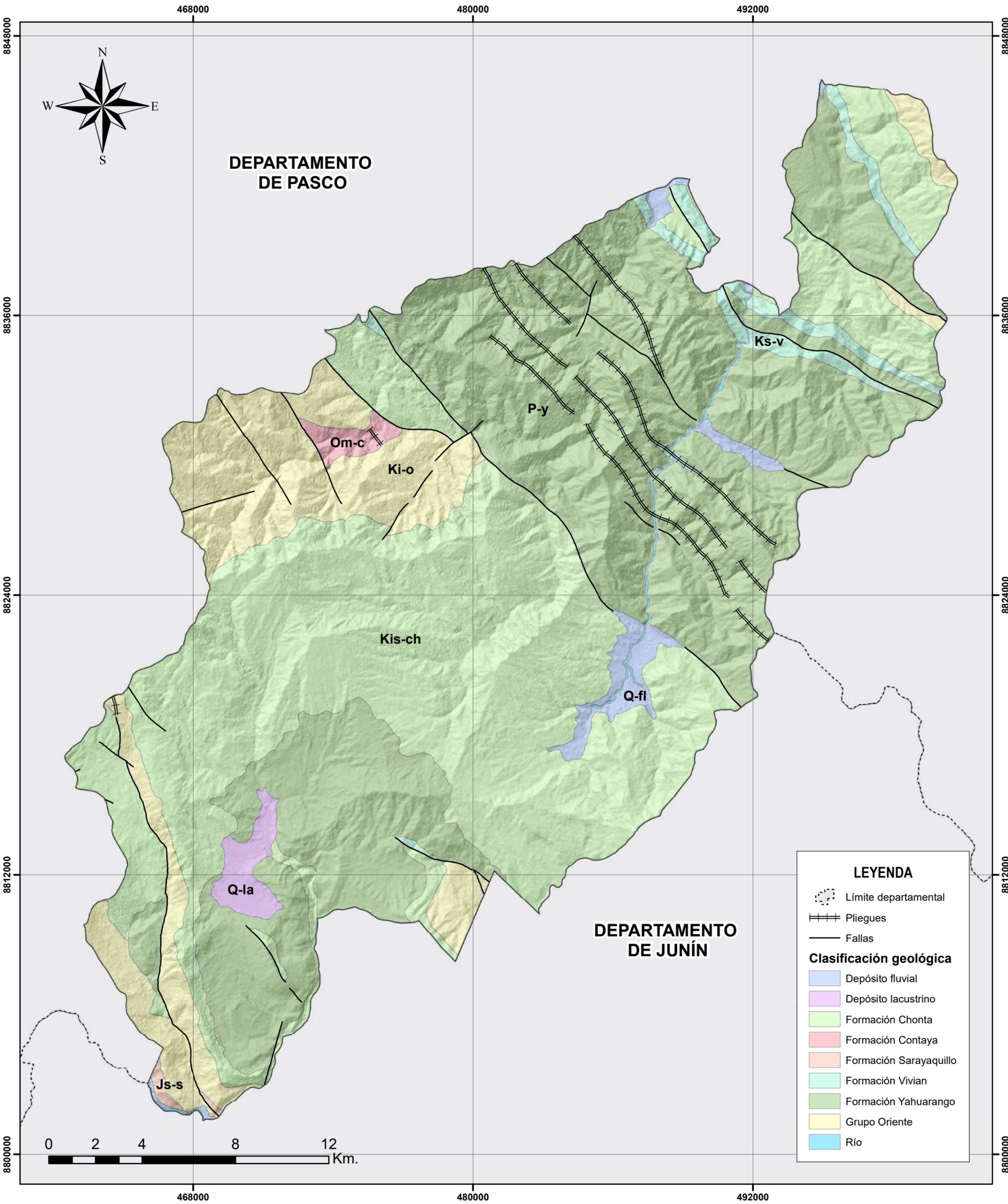
## 9.7. Mapa hidrográfico



ESTUDIO	UBICACIÓN GEOGRÁFICA	AUTORÍA	DATOS ESPECÍFICOS	REFERENCIAS	DATOS ADICIONALES	CASA DE ESTUDIOS
EVOLUCIÓN Y ESTIMACIÓN DEL USO ACTUAL DE LA TIERRA Y LA CALIDAD DE LA CUBIERTA VEGETAL EN EL DISTRITO DE VILLA RICA	DISTRITO	REALIZADO POR	SISTEMA DE COORDENADAS	INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO (INGEMMET)	FECHA	UNIVERSIDAD
	VILLA RICA	BACH. NILTON JUAN ESPINOZA ARISTIZABAL	UTM WGS-84 ZONA 18 SUR		15/08/2022	UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
NOMBRE DEL MAPA	PROVINCIA	REVISADO POR	ESCALA	MINISTERIO DEL AMBIENTE (MINAM)	NÚMERO DE MAPA	FACULTAD
	OXAPAMPA	MAG. ING. CARMEN VENTURA BARRERA	1:150,000		28	INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO
HIDROGRAFÍA DEL DISTRITO DE VILLA RICA	REGIÓN		CODIFICACIÓN	ALASKA SATELLITE FACILITY (ASF)	FORMATO DE HOJA	ESCUELA PROFESIONAL
	PASCO		VR - LB - 15		FORMATO A3	INGENIERÍA AMBIENTAL



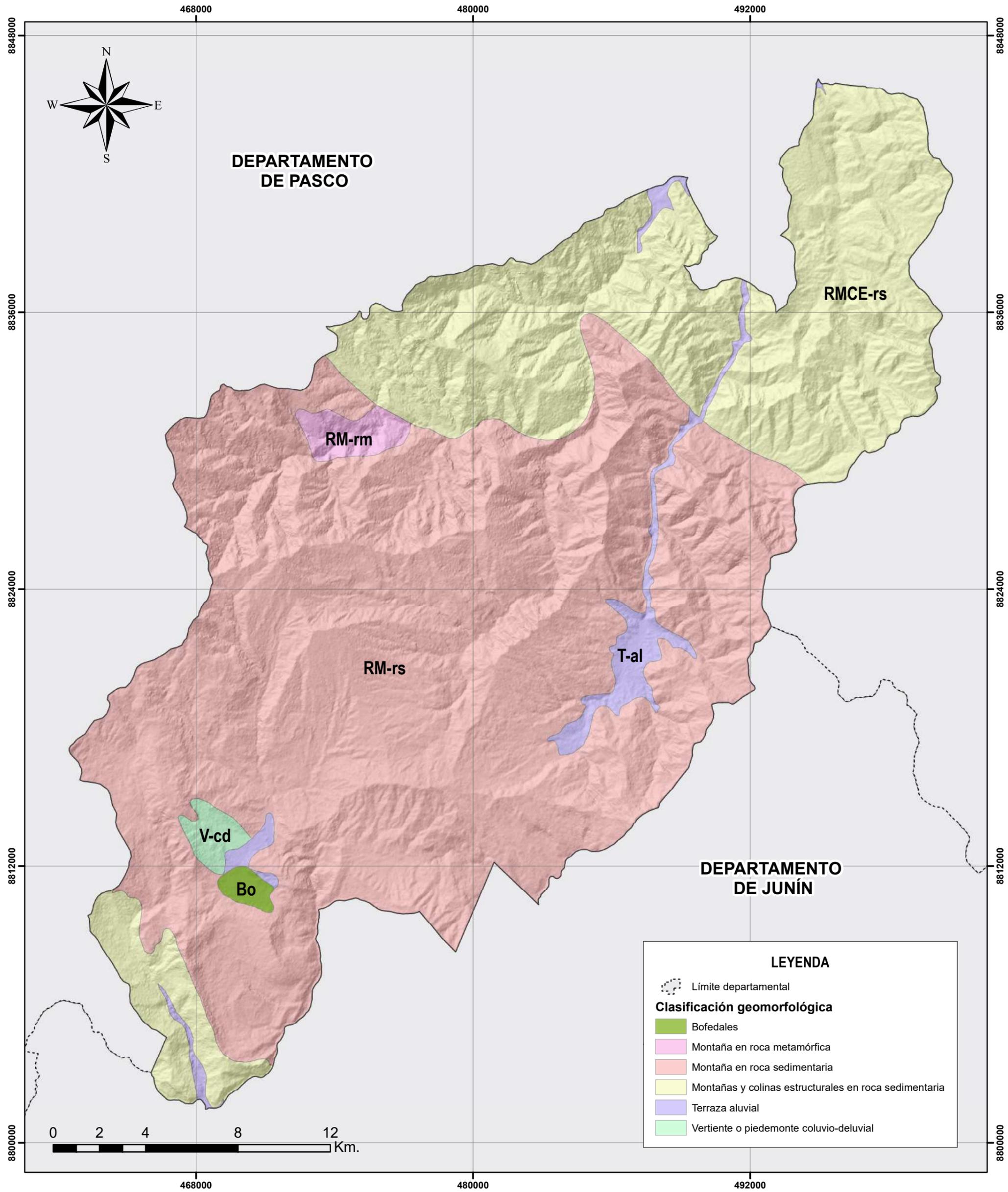
## 9.8. Mapa de geología



ESTUDIO	UBICACIÓN GEOGRÁFICA	AUTORÍA	DATOS ESPECÍFICOS	REFERENCIAS	DATOS ADICIONALES	CASA DE ESTUDIOS
EVOLUCIÓN Y ESTIMACIÓN DEL USO ACTUAL DE LA TIERRA Y LA CALIDAD DE LA CUBIERTA VEGETAL EN EL DISTRITO DE VILLA RICA	DISTRITO	REALIZADO POR	SISTEMA DE COORDENADAS	INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO (INGEMMET) (1:100 000)	FECHA	UNIVERSIDAD
	VILLA RICA	BACH. NILTON JUAN ESPINOZA ARISTIZABAL	UTM WGS-84 ZONA 18 SUR		15/08/2022	UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
NOMBRE DEL MAPA	PROVINCIA	REVISADO POR	ESCALA	MINISTERIO DEL AMBIENTE (MINAM)	NÚMERO DE MAPA	FACULTAD
	OXAPAMPA	MAG. ING. CARMEN VENTURA BARRERA	1:150,000		24	INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO
GEOLOGÍA DEL DISTRITO DE VILLA RICA	REGIÓN		CODIFICACIÓN	ALASKA SATELLITE FACILITY (ASF)	FORMATO DE HOJA	ESCUELA PROFESIONAL
	PASCO		VR - LB - 11		FORMATO A3	INGENIERÍA AMBIENTAL



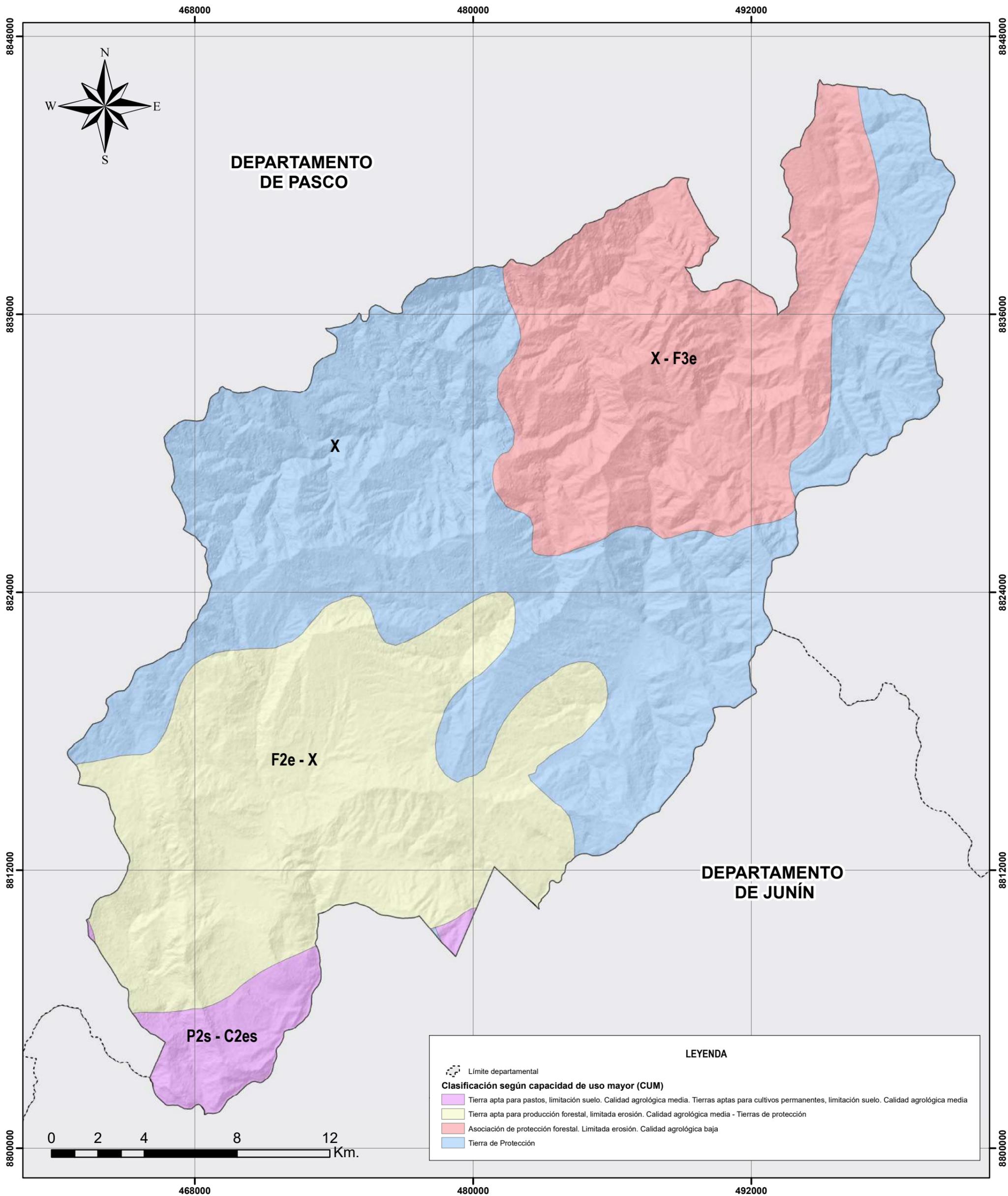
## 9.9. Mapa de geomorfología



ESTUDIO	UBICACIÓN GEOGRÁFICA	AUTORÍA	DATOS ESPECÍFICOS	REFERENCIAS	DATOS ADICIONALES	CASA DE ESTUDIOS
EVOLUCIÓN Y ESTIMACIÓN DEL USO ACTUAL DE LA TIERRA Y LA CALIDAD DE LA CUBIERTA VEGETAL EN EL DISTRITO DE VILLA RICA	DISTRITO	REALIZADO POR	SISTEMA DE COORDENADAS	INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO (INGEMMET)	FECHA	UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
	VILLA RICA	BACH. NILTON JUAN ESPINOZA ARISTIZABAL	UTM WGS-84 ZONA 18 SUR		15/08/2022	
NOMBRE DEL MAPA	PROVINCIA	REVISADO POR	ESCALA	MINISTERIO DEL AMBIENTE (MINAM)	NÚMERO DE MAPA	FACULTAD
	OXAPAMPA	MAG. ING. CARMEN VENTURA BARRERA	1:150,000	ALASKA SATELLITE FACILITY (ASF)	25	INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO
GEOMORFOLOGÍA DEL DISTRITO DE VILLA RICA	REGIÓN		CODIFICACIÓN		FORMATO DE HOJA	ESCUELA PROFESIONAL
	PASCO		VR - LB - 12		FORMATO A3	INGENIERÍA AMBIENTAL



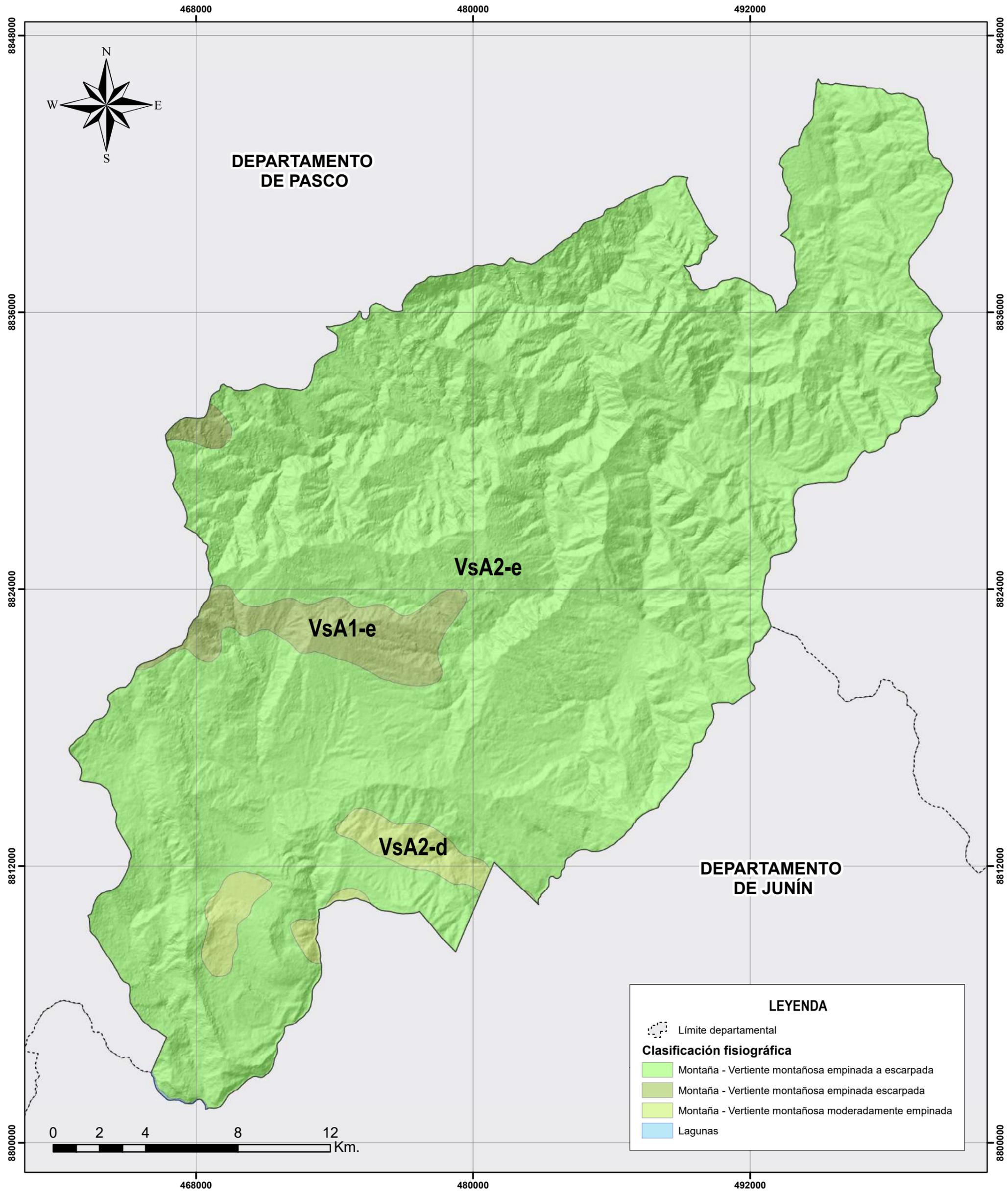
### **9.10. Mapa de capacidad de uso mayor**



ESTUDIO	UBICACIÓN GEOGRÁFICA	AUTORÍA	DATOS ESPECÍFICOS	REFERENCIAS	DATOS ADICIONALES	CASA DE ESTUDIOS
EVOLUCIÓN Y ESTIMACIÓN DEL USO ACTUAL DE LA TIERRA Y LA CALIDAD DE LA CUBIERTA VEGETAL EN EL DISTRITO DE VILLA RICA	<b>DISTRITO</b> VILLA RICA	<b>REALIZADO POR</b> BACH. NILTON JUAN ESPINOZA ARISTIZABAL	<b>SISTEMA DE COORDENADAS</b> UTM WGS-84 ZONA 18 SUR	OFICINA NACIONAL DE EVALUACIÓN DE RECURSOS NATURALES	<b>FECHA</b> 15/08/2022	<b>UNIVERSIDAD</b> UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
	<b>PROVINCIA</b> OXAPAMPA		<b>ESCALA</b> 1:150,000		<b>NÚMERO DE MAPA</b> 3	<b>FACULTAD</b> INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO
<b>NOMBRE DEL MAPA</b> CAPACIDAD DE USO MAYOR DEL DISTRITO DE VILLA RICA	<b>REGIÓN</b> PASCO	<b>REVISADO POR</b> MAG. ING. CARMEN VENTURA BARRERA	<b>CODIFICACIÓN</b> VR - LB - 03	ALASKA SATELLITE FACILITY (ASF)	<b>FORMATO DE HOJA</b> FORMATO A3	<b>ESCUELA PROFESIONAL</b> INGENIERÍA AMBIENTAL



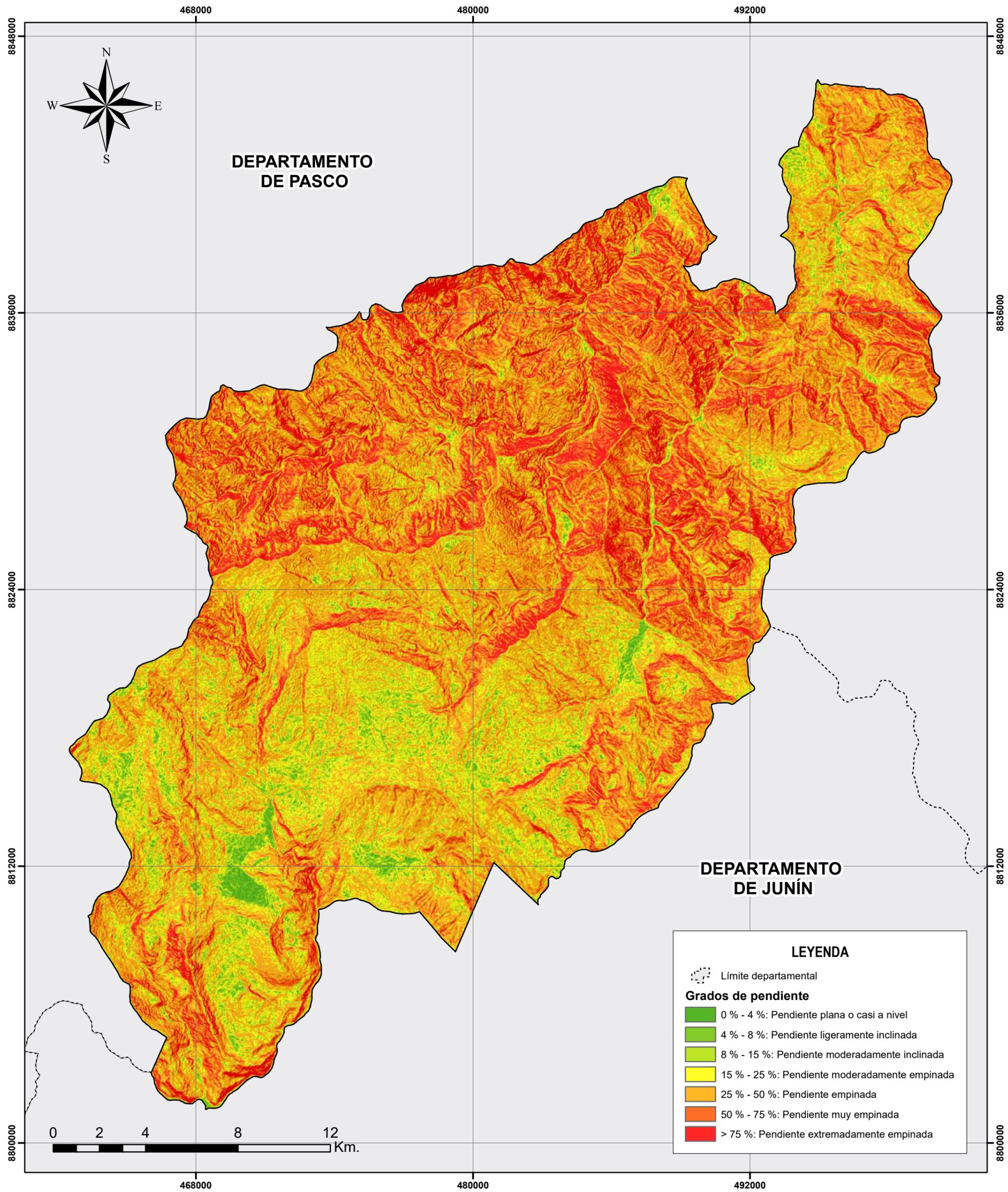
### **9.11. Mapa fisiográfico**



ESTUDIO	UBICACIÓN GEOGRÁFICA	AUTORÍA	DATOS ESPECÍFICOS	REFERENCIAS	DATOS ADICIONALES	CASA DE ESTUDIOS
EVOLUCIÓN Y ESTIMACIÓN DEL USO ACTUAL DE LA TIERRA Y LA CALIDAD DE LA CUBIERTA VEGETAL EN EL DISTRITO DE VILLA RICA	DISTRITO	REALIZADO POR	SISTEMA DE COORDENADAS	ONERN	FECHA	UNIVERSIDAD
	VILLA RICA	BACH. NILTON JUAN ESPINOZA ARISTIZABAL	UTM WGS-84 ZONA 18 SUR		15/08/2022	UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
NOMBRE DEL MAPA	PROVINCIA	REVISADO POR	ESCALA	MINISTERIO DEL AMBIENTE (MINAM)	NÚMERO DE MAPA	FACULTAD
	OXAPAMPA	MAG. ING. CARMEN VENTURA BARRERA	1:150,000	ALASKA SATELLITE FACILITY (ASF)	23	INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO
FISIOGRAFÍA DEL DISTRITO DE VILLA RICA	REGIÓN		CODIFICACIÓN		FORMATO DE HOJA	ESCUELA PROFESIONAL
	PASCO		VR - LB - 10		FORMATO A3	INGENIERÍA AMBIENTAL



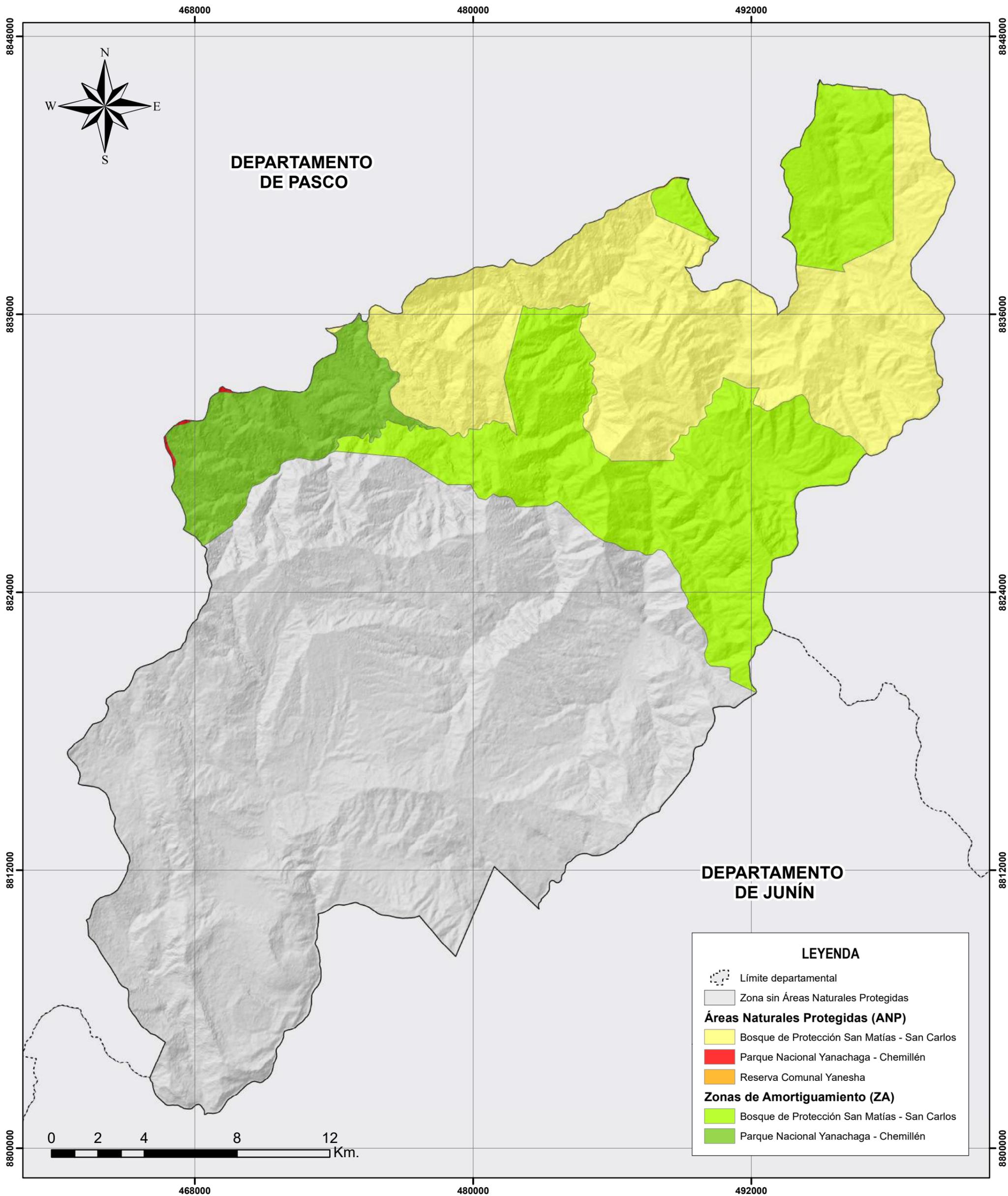
## 9.12. Mapa de pendientes



ESTUDIO	UBICACIÓN GEOGRÁFICA	AUTORÍA	DATOS ESPECÍFICOS	REFERENCIAS	DATOS ADICIONALES	CASA DE ESTUDIOS
EVOLUCIÓN Y ESTIMACIÓN DEL USO ACTUAL DE LA TIERRA Y LA CALIDAD DE LA CUBIERTA VEGETAL EN EL DISTRITO DE VILLA RICA	DISTRITO	REALIZADO POR	SISTEMA DE COORDENADAS	MINISTERIO DEL AMBIENTE (MINAM)	FECHA	UNIVERSIDAD
	VILLA RICA	BACH. NILTON JUAN ESPINOZA ARISTIZABAL	UTM WGS-84 ZONA 18 SUR		15/08/2022	UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
NOMBRE DEL MAPA	PROVINCIA	REVISADO POR	ESCALA	ALASKA SATELLITE FACILITY (ASF)	NÚMERO DE MAPA	FACULTAD
	OXAPAMPA	MAG. ING. CARMEN VENTURA BARRERA	1:150,000		12	INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO
PENDIENTES DEL DISTRITO DE VILLA RICA	REGIÓN		CODIFICACIÓN		FORMATO DE HOJA	ESCUELA PROFESIONAL
	PASCO		VR - LB - 07		FORMATO A3	INGENIERÍA AMBIENTAL



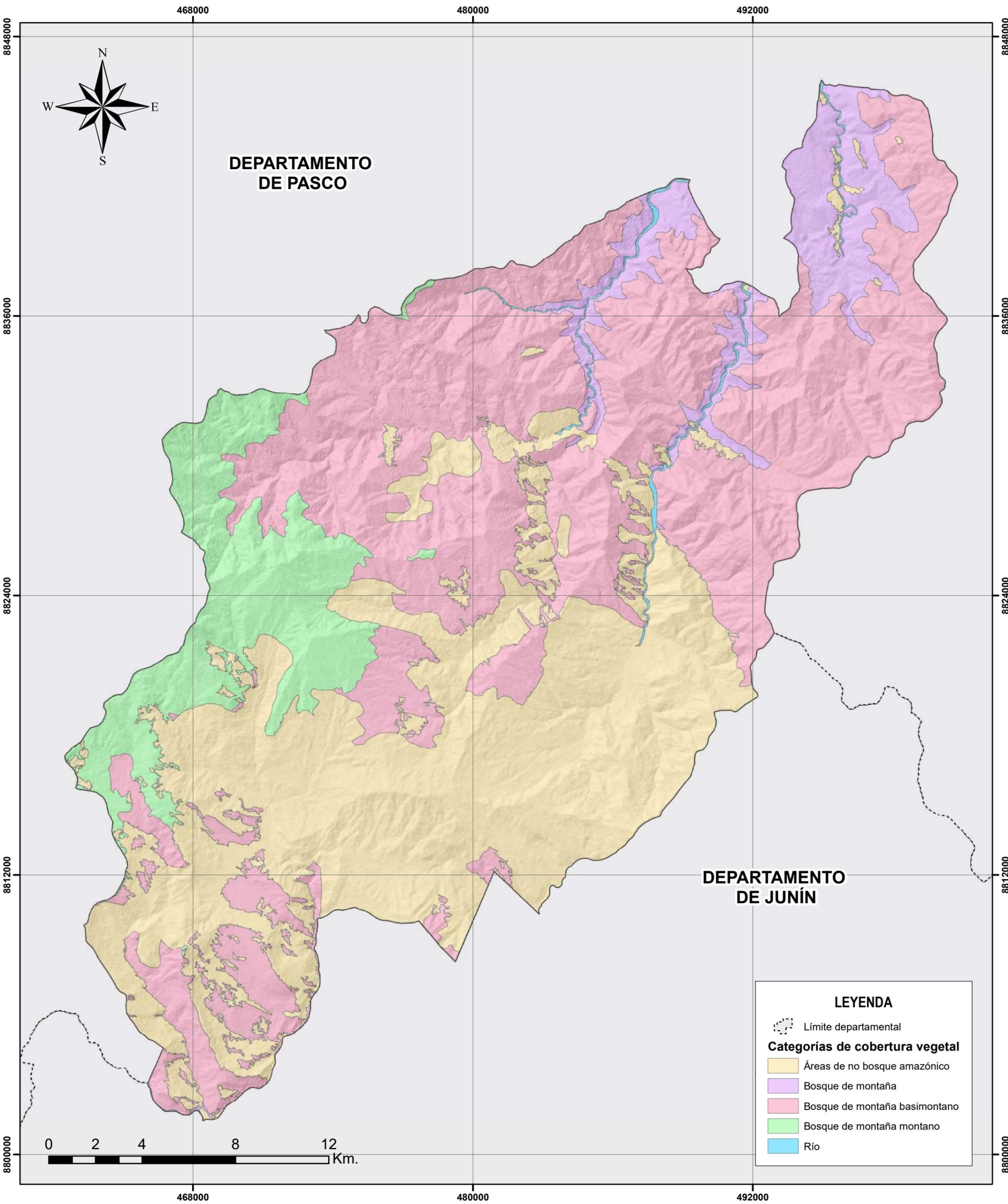
### **9.13. Mapa de Áreas Naturales Protegidas**



ESTUDIO	UBICACIÓN GEOGRÁFICA	AUTORÍA	DATOS ESPECÍFICOS	REFERENCIAS	DATOS ADICIONALES	CASA DE ESTUDIOS
EVOLUCIÓN Y ESTIMACIÓN DEL USO ACTUAL DE LA TIERRA Y LA CALIDAD DE LA CUBIERTA VEGETAL EN EL DISTRITO DE VILLA RICA	DISTRITO	REALIZADO POR	SISTEMA DE COORDENADAS	SERVICIO NACIONAL DE ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS (SERNANP)	FECHA	UNIVERSIDAD
	VILLA RICA	BACH. NILTON JUAN ESPINOZA ARISTIZABAL	UTM WGS-84 ZONA 18 SUR		15/08/2022	UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
NOMBRE DEL MAPA	PROVINCIA	REVISADO POR	ESCALA	MINISTERIO DEL AMBIENTE (MINAM)	NÚMERO DE MAPA	FACULTAD
	OXAPAMPA	MAG. ING. CARMEN VENTURA BARRERA	1:150,000		2	INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO
ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS DEL DISTRITO DE VILLA RICA	REGIÓN		CODIFICACIÓN	ALASKA SATELLITE FACILITY (ASF)	FORMATO DE HOJA	ESCUELA PROFESIONAL
	PASCO		VR - LB - 02		FORMATO A3	INGENIERÍA AMBIENTAL



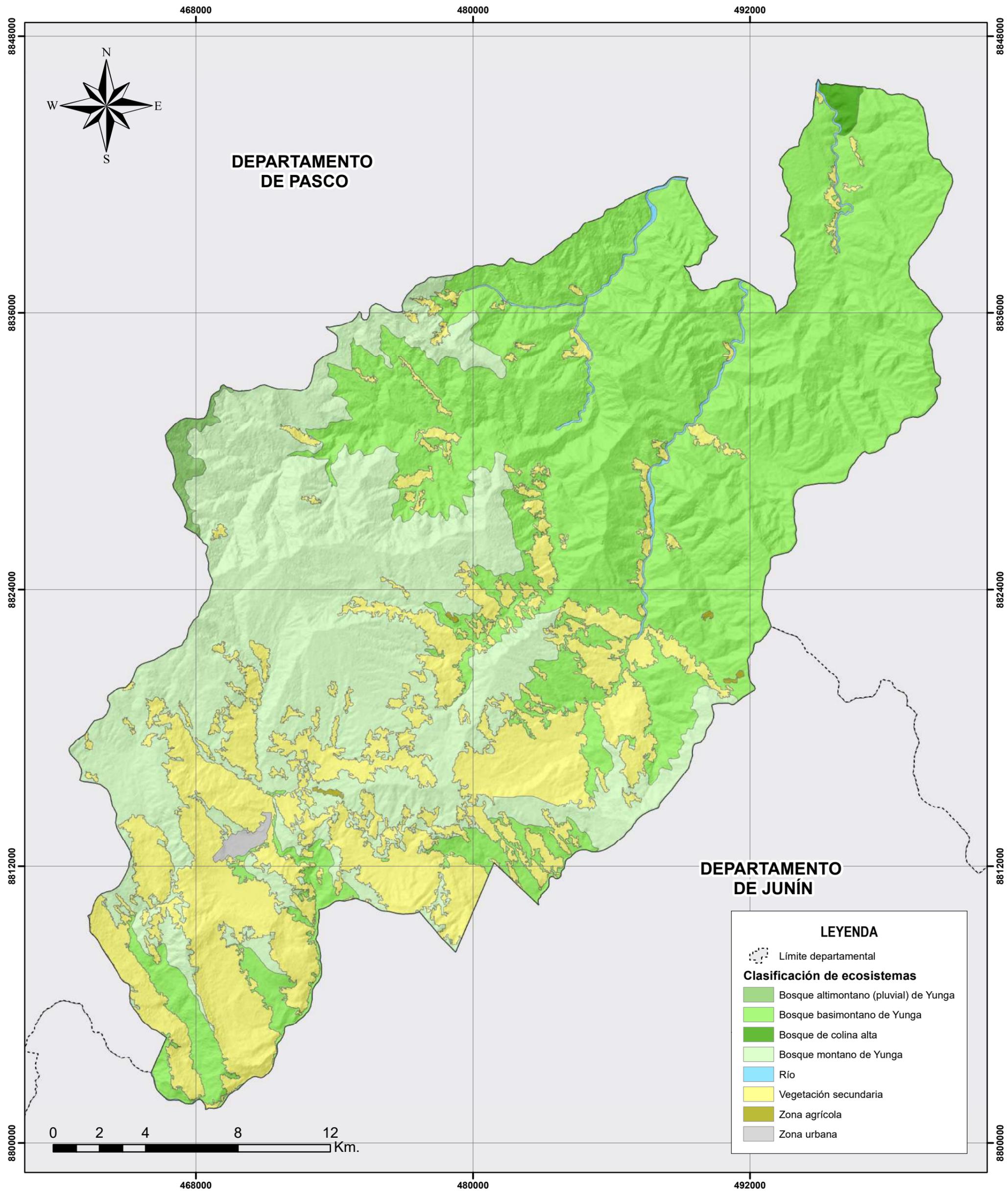
#### **9.14. Mapa de cobertura vegetal**



ESTUDIO	UBICACIÓN GEOGRÁFICA	AUTORÍA	DATOS ESPECÍFICOS	REFERENCIAS	DATOS ADICIONALES	CASA DE ESTUDIOS
EVOLUCIÓN Y ESTIMACIÓN DEL USO ACTUAL DE LA TIERRA Y LA CALIDAD DE LA CUBIERTA VEGETAL EN EL DISTRITO DE VILLA RICA	DISTRITO	REALIZADO POR	SISTEMA DE COORDENADAS	MINISTERIO DEL AMBIENTE (MINAM)	FECHA	UNIVERSIDAD
	VILLA RICA	BACH. NILTON JUAN ESPINOZA ARISTIZABAL	UTM WGS-84 ZONA 18 SUR		15/08/2022	UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
NOMBRE DEL MAPA	PROVINCIA	REVISADO POR	ESCALA	ALASKA SATELLITE FACILITY (ASF)	NÚMERO DE MAPA	FACULTAD
	OXAPAMPA	MAG. ING. CARMEN VENTURA BARRERA	1:150,000		4	INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO
COBERTURA VEGETAL DEL DISTRITO DE VILLA RICA	REGIÓN		CODIFICACIÓN		FORMATO DE HOJA	ESCUELA PROFESIONAL
	PASCO		VR - LB - 04		FORMATO A3	INGENIERÍA AMBIENTAL



### 9.15. Mapa de ecosistemas



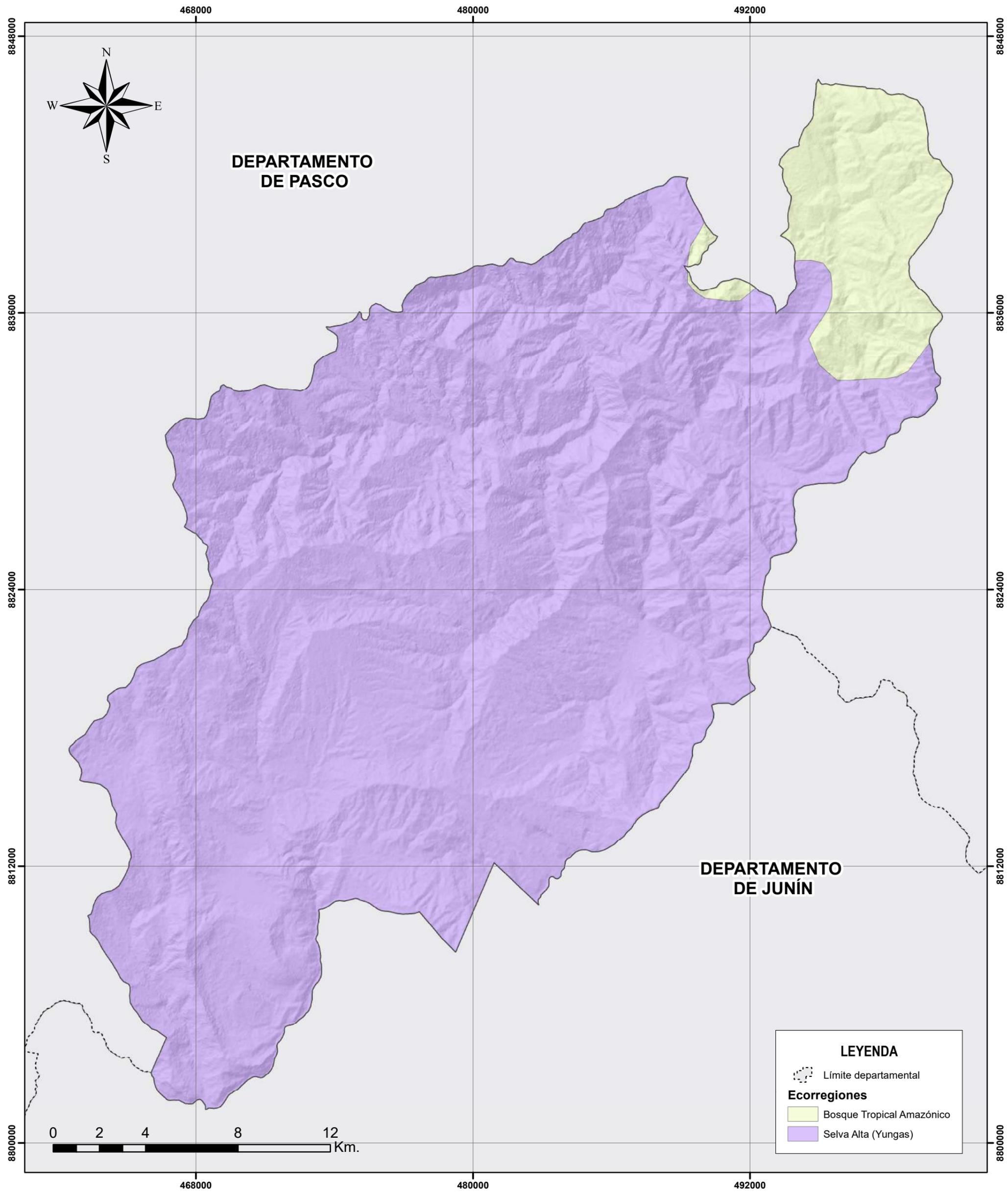
**LEYENDA**

- Límite departamental
- Clasificación de ecosistemas**
- Bosque altimontano (pluvial) de Yunga
- Bosque basimontano de Yunga
- Bosque de colina alta
- Bosque montano de Yunga
- Río
- Vegetación secundaria
- Zona agrícola
- Zona urbana

ESTUDIO	UBICACIÓN GEOGRÁFICA	AUTORÍA	DATOS ESPECÍFICOS	REFERENCIAS	DATOS ADICIONALES	CASA DE ESTUDIOS
EVOLUCIÓN Y ESTIMACIÓN DEL USO ACTUAL DE LA TIERRA Y LA CALIDAD DE LA CUBIERTA VEGETAL EN EL DISTRITO DE VILLA RICA	<b>DISTRITO</b> VILLA RICA	<b>REALIZADO POR</b> BACH. NILTON JUAN ESPINOZA ARISTIZABAL	<b>SISTEMA DE COORDENADAS</b> UTM WGS-84 ZONA 18 SUR	MINISTERIO DEL AMBIENTE (MINAM)	<b>FECHA</b> 15/08/2022	<b>UNIVERSIDAD</b> UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
	<b>PROVINCIA</b> OXAPAMPA		<b>ESCALA</b> 1:150,000		<b>NÚMERO DE MAPA</b> 6	<b>FACULTAD</b> INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO
<b>NOMBRE DEL MAPA</b> ECOSISTEMAS DEL DISTRITO DE VILLA RICA	<b>REGIÓN</b> PASCO	<b>REVISADO POR</b> MAG. ING. CARMEN VENTURA BARRERA	<b>CODIFICACIÓN</b> VR - LB - 06	ALASKA SATELLITE FACILITY (ASF)	<b>FORMATO DE HOJA</b> FORMATO A3	<b>ESCUELA PROFESIONAL</b> INGENIERÍA AMBIENTAL



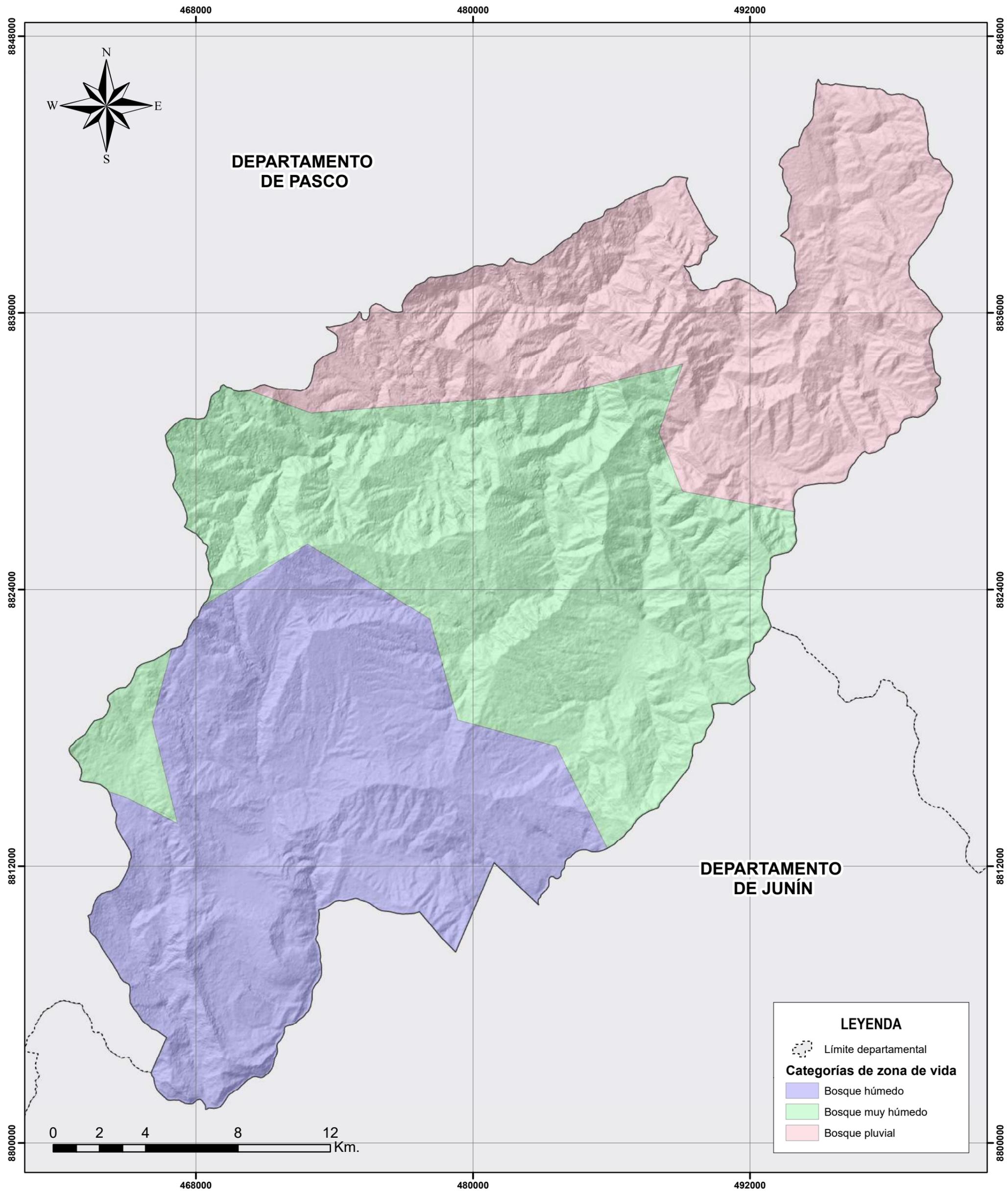
## 9.16. Mapa de ecorregiones



ESTUDIO	UBICACIÓN GEOGRÁFICA	AUTORÍA	DATOS ESPECÍFICOS	REFERENCIAS	DATOS ADICIONALES	CASA DE ESTUDIOS
EVOLUCIÓN Y ESTIMACIÓN DEL USO ACTUAL DE LA TIERRA Y LA CALIDAD DE LA CUBIERTA VEGETAL EN EL DISTRITO DE VILLA RICA	DISTRITO	REALIZADO POR	SISTEMA DE COORDENADAS	MINISTERIO DEL AMBIENTE (MINAM)	FECHA	UNIVERSIDAD
	VILLA RICA	BACH. NILTON JUAN ESPINOZA ARISTIZABAL	UTM WGS-84 ZONA 18 SUR		15/08/2022	UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
NOMBRE DEL MAPA	PROVINCIA	REVISADO POR	ESCALA	ALASKA SATELLITE FACILITY (ASF)	NÚMERO DE MAPA	FACULTAD
	OXAPAMPA	MAG. ING. CARMEN VENTURA BARRERA	1:150,000		5	INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO
ECORREGIONES DEL DISTRITO DE VILLA RICA	REGIÓN		CODIFICACIÓN		FORMATO DE HOJA	ESCUELA PROFESIONAL
	PASCO		VR - LB - 05		FORMATO A3	INGENIERÍA AMBIENTAL



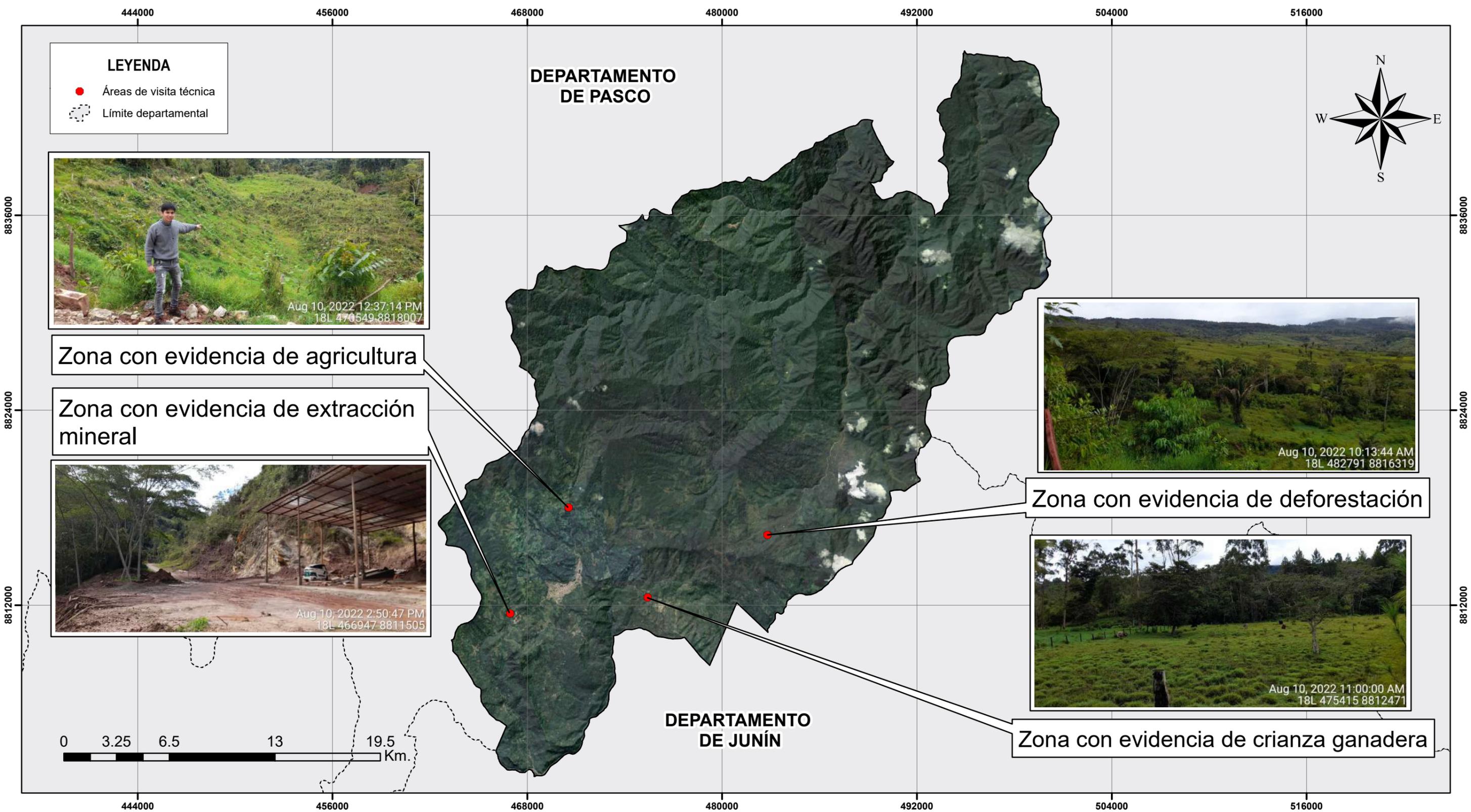
### **9.17. Mapa de zonas de vida**



ESTUDIO	UBICACIÓN GEOGRÁFICA	AUTORÍA	DATOS ESPECÍFICOS	REFERENCIAS	DATOS ADICIONALES	CASA DE ESTUDIOS
EVOLUCIÓN Y ESTIMACIÓN DEL USO ACTUAL DE LA TIERRA Y LA CALIDAD DE LA CUBIERTA VEGETAL EN EL DISTRITO DE VILLA RICA	DISTRITO	REALIZADO POR	SISTEMA DE COORDENADAS	GEOIDEP	FECHA	UNIVERSIDAD
	VILLA RICA	BACH. NILTON JUAN ESPINOZA ARISTIZABAL	UTM WGS-84 ZONA 18 SUR		15/08/2022	UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
NOMBRE DEL MAPA	PROVINCIA	REVISADO POR	ESCALA	MINISTERIO DEL AMBIENTE (MINAM)	NÚMERO DE MAPA	FACULTAD
	OXAPAMPA	MAG. ING. CARMEN VENTURA BARRERA	1:150,000	ALASKA SATELLITE FACILITY (ASF)	21	INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO
ZONAS DE VIDA DEL DISTRITO DE VILLA RICA	REGIÓN		CODIFICACIÓN		FORMATO DE HOJA	ESCUELA PROFESIONAL
	PASCO		VR - LB - 08		FORMATO A3	INGENIERÍA AMBIENTAL



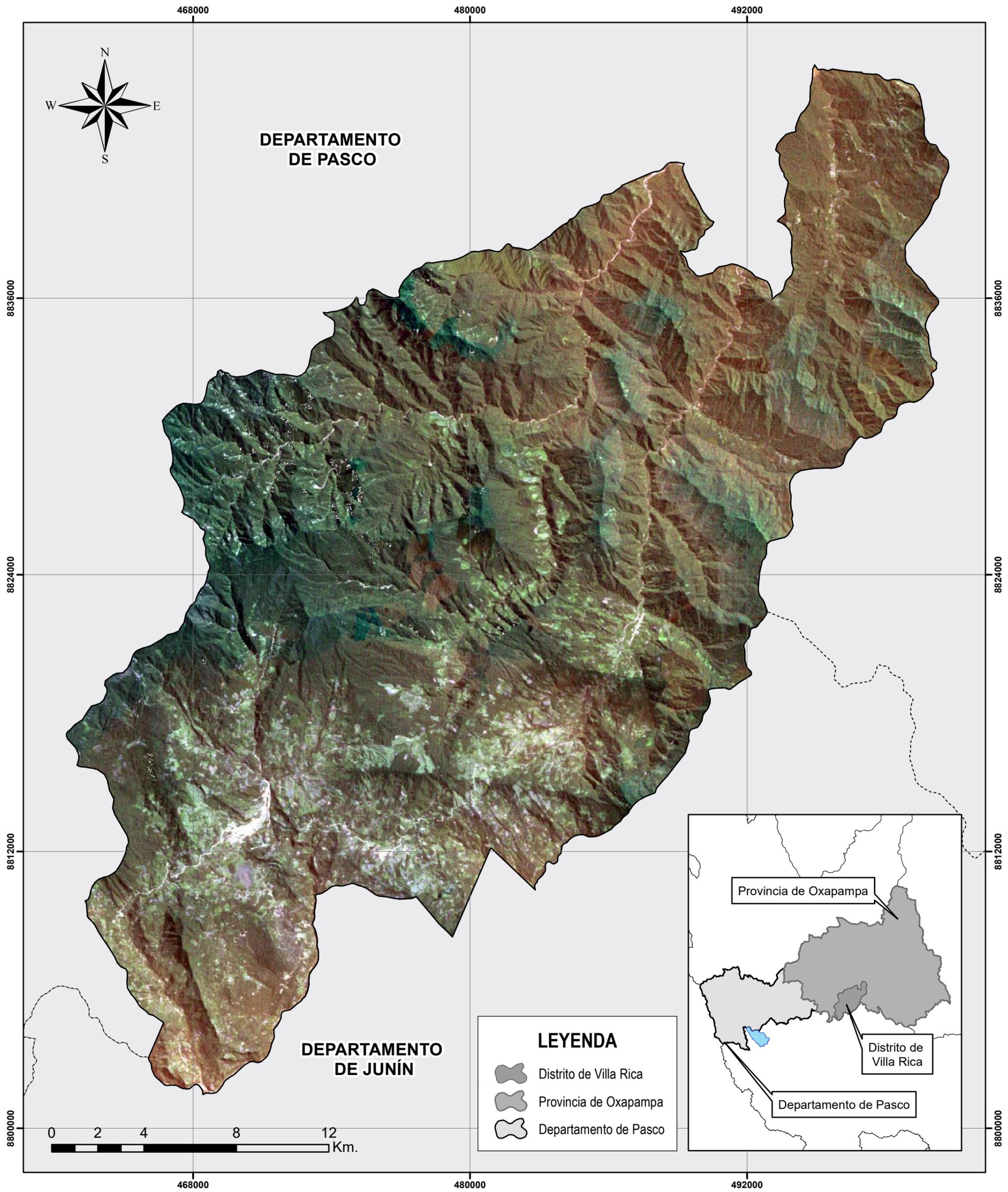
### **9.18. Mapa de visita técnica**



ESTUDIO	UBICACIÓN GEOGRÁFICA	AUTORÍA	DATOS ESPECÍFICOS	REFERENCIAS	DATOS ADICIONALES	CASA DE ESTUDIOS
EVOLUCIÓN Y ESTIMACIÓN DEL USO ACTUAL DE LA TIERRA Y LA CALIDAD DE LA CUBIERTA VEGETAL EN EL DISTRITO DE VILLA RICA	<b>DISTRITO</b>	<b>REALIZADO POR</b>	<b>SISTEMA DE COORDENADAS</b>	GOOGLE SATELLITE - SAS PLANET	<b>FECHA</b>	<b>UNIVERSIDAD</b>
	VILLA RICA	BACH. NILTON JUAN ESPINOZA ARISTIZABAL	UTM WGS-84 ZONA 18 SUR		25/08/2022	UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
<b>NOMBRE DEL MAPA</b>	<b>PROVINCIA</b>	<b>REVISADO POR</b>	<b>ESCALA</b>	MINISTERIO DEL AMBIENTE (MINAM)	<b>NÚMERO DE MAPA</b>	<b>FACULTAD</b>
	OXAPAMPA	MAG. ING. CARMEN VENTURA BARRERA	1:220,000	ALASKA SATELLITE FACILITY (ASF)	20	INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO
VISITA TÉCNICA AL ÁREA DE ESTUDIO	<b>REGIÓN</b>		<b>CODIFICACIÓN</b>		<b>FORMATO DE HOJA</b>	<b>ESCUELA PROFESIONAL</b>
	PASCO		VR - AD - 03	FORMATO A3	INGENIERÍA AMBIENTAL	



### **9.19. Imagen satelital 1990**



**LEYENDA**

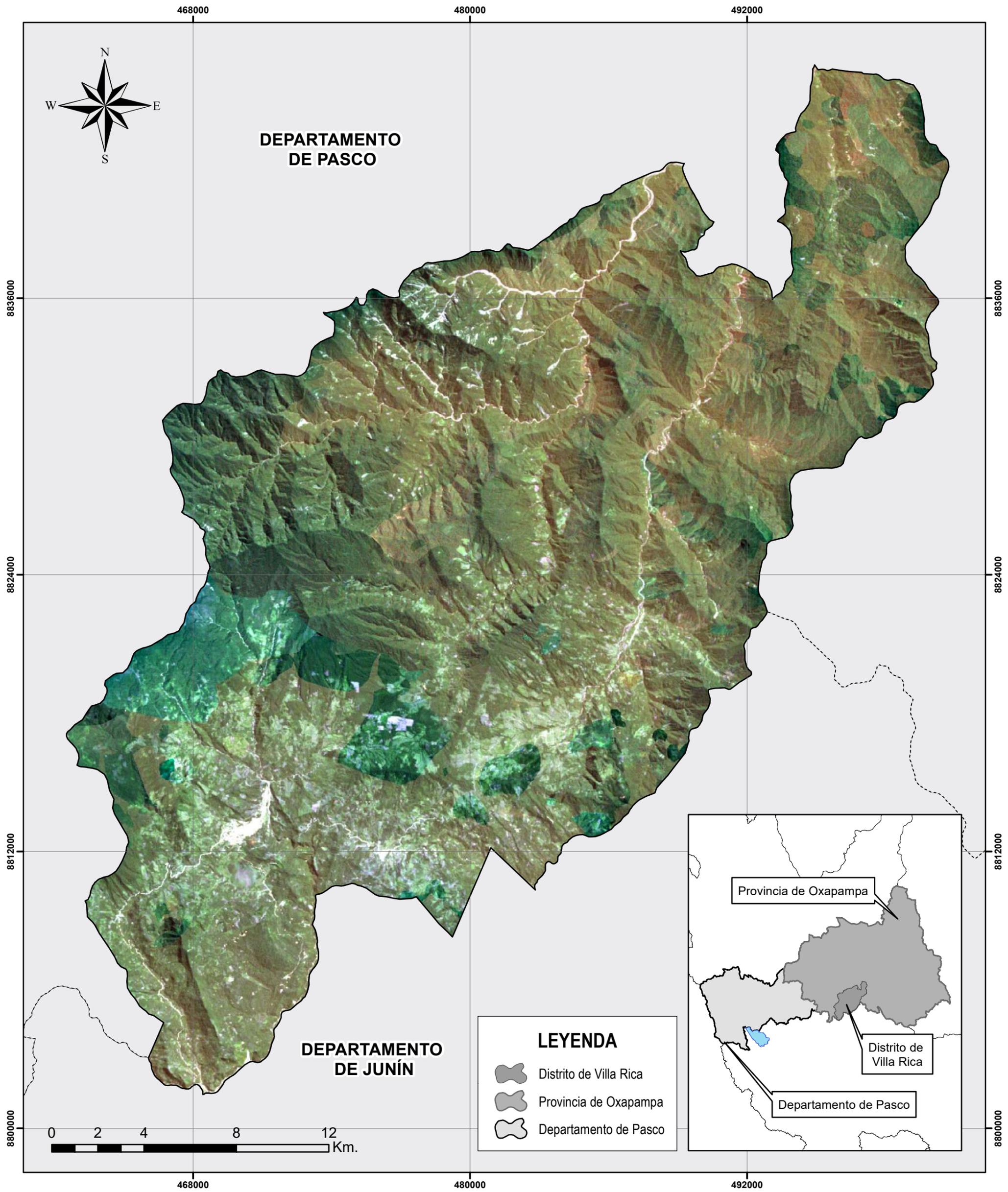
-  Distrito de Villa Rica
-  Provincia de Oxapampa
-  Departamento de Pasco



ESTUDIO	UBICACIÓN GEOGRÁFICA	AUTORÍA	DATOS ESPECÍFICOS	REFERENCIAS	DATOS ADICIONALES	CASA DE ESTUDIOS
EVOLUCIÓN Y ESTIMACIÓN DEL USO ACTUAL DE LA TIERRA Y LA CALIDAD DE LA CUBIERTA VEGETAL EN EL DISTRITO DE VILLA RICA	<b>DISTRITO</b> VILLA RICA	<b>REALIZADO POR</b>  BACH. NILTON JUAN ESPINOZA ARISTIZABAL	<b>SISTEMA DE COORDENADAS</b>  UTM WGS-84 ZONA 18 SUR	IMÁGENES SATELITALES LANDSAT 5. TOMADO DEL PORTAL GLOVIS (USGS)	<b>FECHA</b>  28/12/2022	<b>UNIVERSIDAD</b>  UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
	<b>PROVINCIA</b> OXAPAMPA		<b>ESCALA</b>  1:150,000		<b>NÚMERO DE MAPA</b>  29	<b>FACULTAD</b>  INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO
<b>NOMBRE DEL MAPA</b>  IMAGEN SATELITAL PROCESADA - AÑO 1990	<b>REGIÓN</b> PASCO	<b>REVISADO POR</b>  MAG. ING. CARMEN VENTURA BARRERA	<b>CODIFICACIÓN</b>  VR - IS - 01		<b>FORMATO DE HOJA</b>  FORMATO A3	<b>ESCUELA PROFESIONAL</b>  INGENIERÍA AMBIENTAL



## 9.20. Imagen satelital 2000



**LEYENDA**

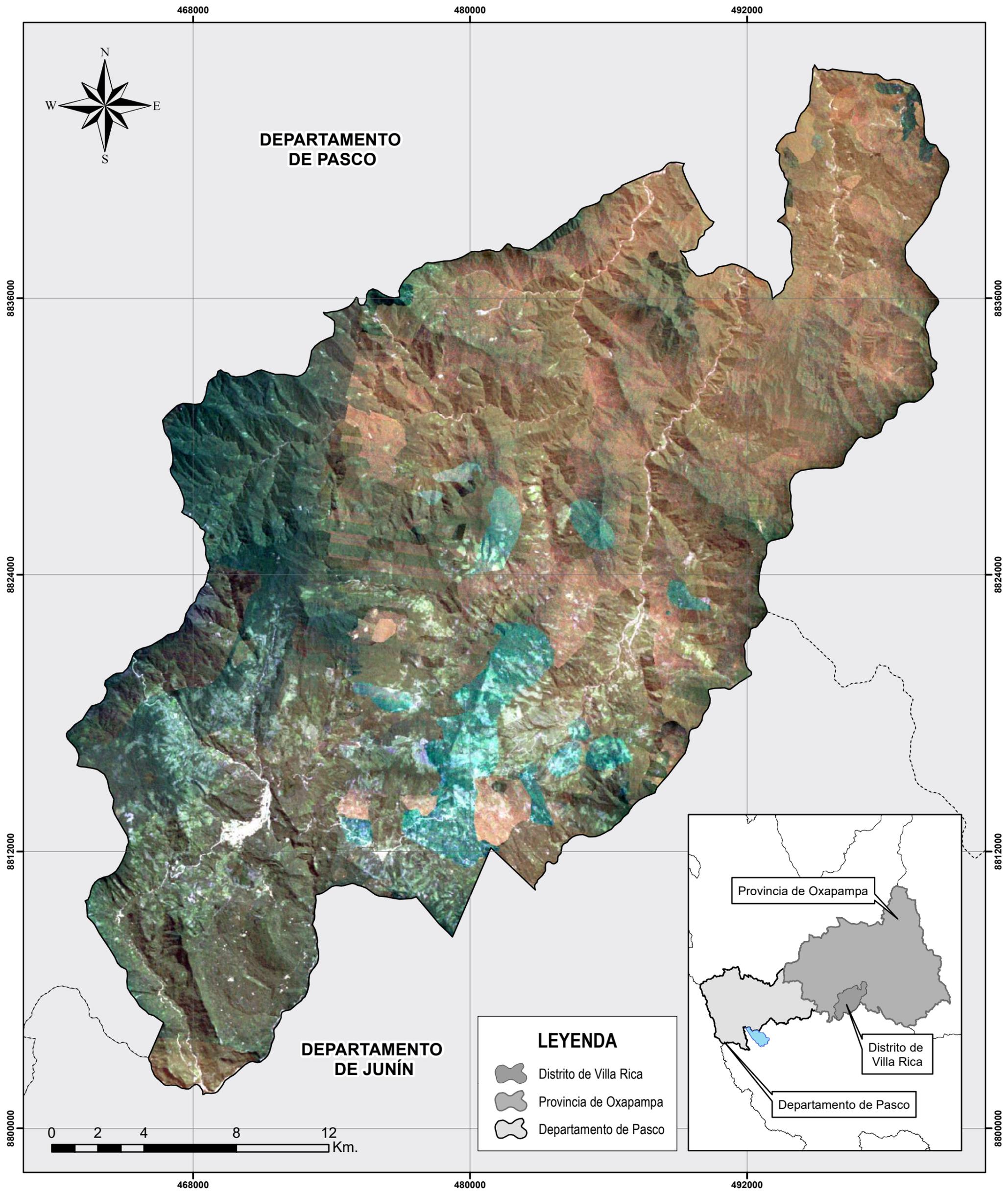
-  Distrito de Villa Rica
-  Provincia de Oxapampa
-  Departamento de Pasco



ESTUDIO	UBICACIÓN GEOGRÁFICA	AUTORÍA	DATOS ESPECÍFICOS	REFERENCIAS	DATOS ADICIONALES	CASA DE ESTUDIOS
EVOLUCIÓN Y ESTIMACIÓN DEL USO ACTUAL DE LA TIERRA Y LA CALIDAD DE LA CUBIERTA VEGETAL EN EL DISTRITO DE VILLA RICA	DISTRITO	REALIZADO POR	SISTEMA DE COORDENADAS	IMÁGENES SATELITALES LANDSAT 5 - 7. TOMADO DEL PORTAL GLOVIS (USGS)	FECHA	UNIVERSIDAD
	VILLA RICA	BACH. NILTON JUAN ESPINOZA ARISTIZABAL	UTM WGS-84 ZONA 18 SUR		28/12/2022	UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
NOMBRE DEL MAPA	PROVINCIA	REVISADO POR	ESCALA	MINISTERIO DEL AMBIENTE (MINAM)	NÚMERO DE MAPA	FACULTAD
	OXAPAMPA	MAG. ING. CARMEN VENTURA BARRERA	1:150,000		30	INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO
IMAGEN SATELITAL PROCESADA - AÑO 2000	REGIÓN		CODIFICACIÓN		FORMATO DE HOJA	ESCUELA PROFESIONAL
	PASCO		VR - IS - 02		FORMATO A3	INGENIERÍA AMBIENTAL



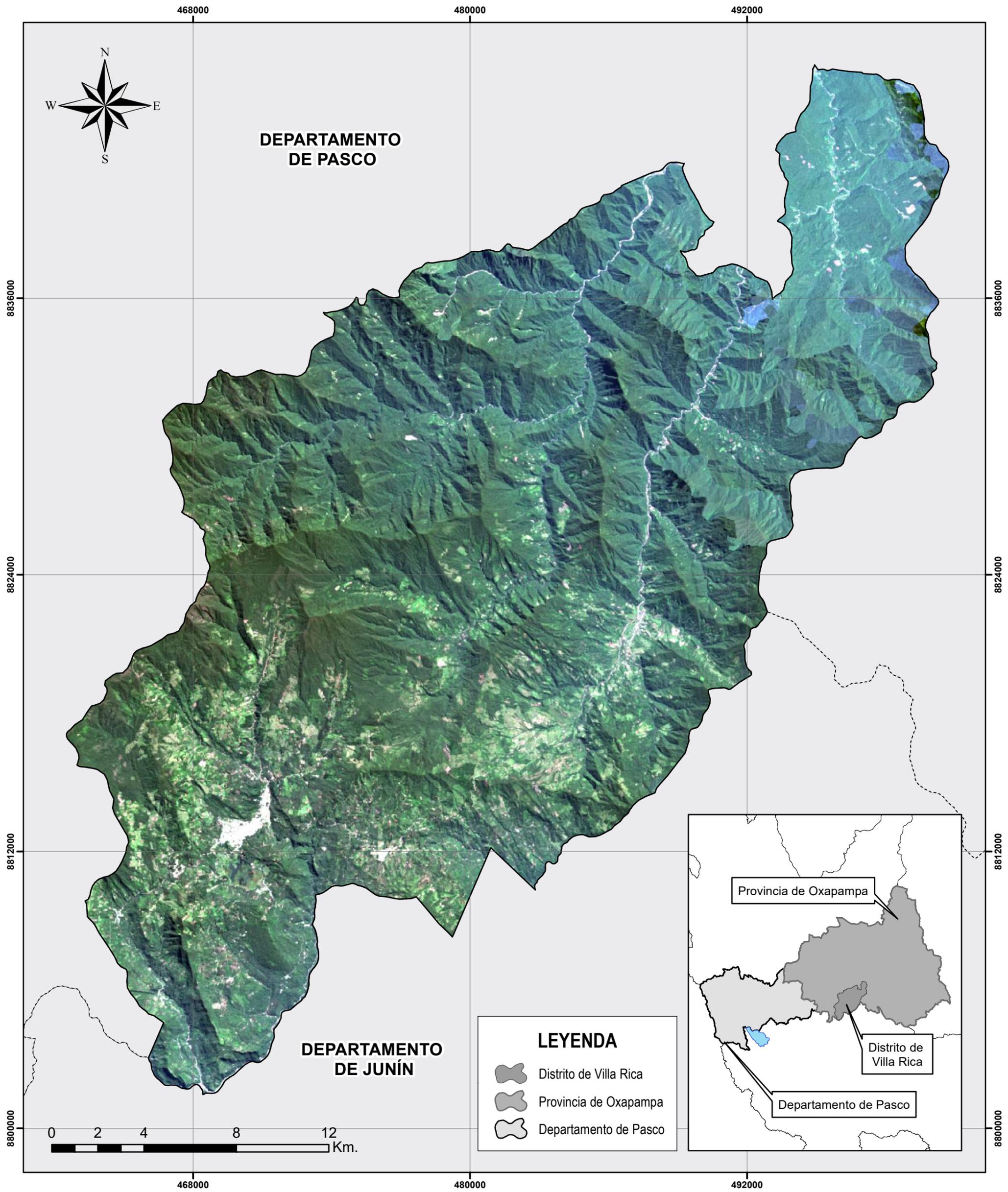
## 9.21. Imagen satelital 2010



ESTUDIO	UBICACIÓN GEOGRÁFICA	AUTORÍA	DATOS ESPECÍFICOS	REFERENCIAS	DATOS ADICIONALES	CASA DE ESTUDIOS
EVOLUCIÓN Y ESTIMACIÓN DEL USO ACTUAL DE LA TIERRA Y LA CALIDAD DE LA CUBIERTA VEGETAL EN EL DISTRITO DE VILLA RICA	DISTRITO	REALIZADO POR	SISTEMA DE COORDENADAS	IMÁGENES SATELITALES LANDSAT 5 - 7. TOMADO DEL PORTAL GLOVIS (USGS)	FECHA	UNIVERSIDAD
	VILLA RICA	BACH. NILTON JUAN ESPINOZA ARISTIZABAL	UTM WGS-84 ZONA 18 SUR		28/12/2022	UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
NOMBRE DEL MAPA	PROVINCIA	REVISADO POR	ESCALA	MINISTERIO DEL AMBIENTE (MINAM)	NÚMERO DE MAPA	FACULTAD
	OXAPAMPA	MAG. ING. CARMEN VENTURA BARRERA	1:150,000		31	INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO
IMAGEN SATELITAL PROCESADA - AÑO 2010	REGIÓN		CODIFICACIÓN		FORMATO DE HOJA	ESCUELA PROFESIONAL
	PASCO		VR - IS - 03		FORMATO A3	INGENIERÍA AMBIENTAL



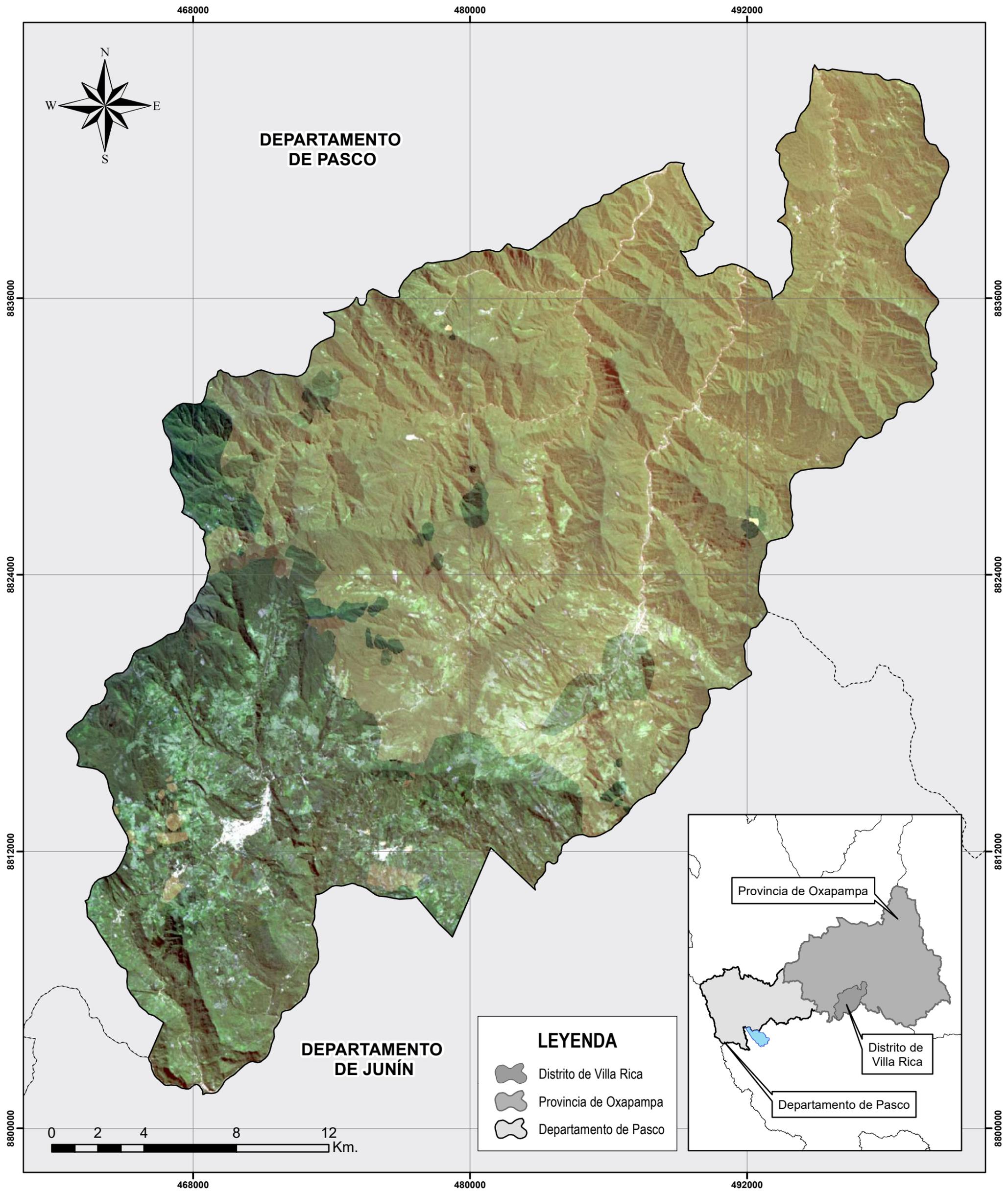
## 9.22. Imagen satelital 2020



ESTUDIO	UBICACIÓN GEOGRÁFICA	AUTORÍA	DATOS ESPECÍFICOS	REFERENCIAS	DATOS ADICIONALES	CASA DE ESTUDIOS
EVOLUCIÓN Y ESTIMACIÓN DEL USO ACTUAL DE LA TIERRA Y LA CALIDAD DE LA CUBIERTA VEGETAL EN EL DISTRITO DE VILLA RICA	DISTRITO	REALIZADO POR	SISTEMA DE COORDENADAS	IMÁGENES SATELITALES LANDSAT 8. TOMADO DEL PORTAL GLOVIS (USGS)	FECHA	UNIVERSIDAD
	VILLA RICA	BACH. NILTON JUAN ESPINOZA ARISTIZABAL	UTM WGS-84 ZONA 18 SUR	MINISTERIO DEL AMBIENTE (MINAM)	28/12/2022	UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
NOMBRE DEL MAPA	PROVINCIA	REVISADO POR	ESCALA		NÚMERO DE MAPA	FACULTAD
	OXAPAMPA	MAG. ING. CARMEN VENTURA BARRERA	1:150,000		32	INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO
IMAGEN SATELITAL PROCESADA - AÑO 2020	REGIÓN		CODIFICACIÓN		FORMATO DE HOJA	ESCUELA PROFESIONAL
	PASCO		VR - IS - 04		FORMATO A3	INGENIERÍA AMBIENTAL



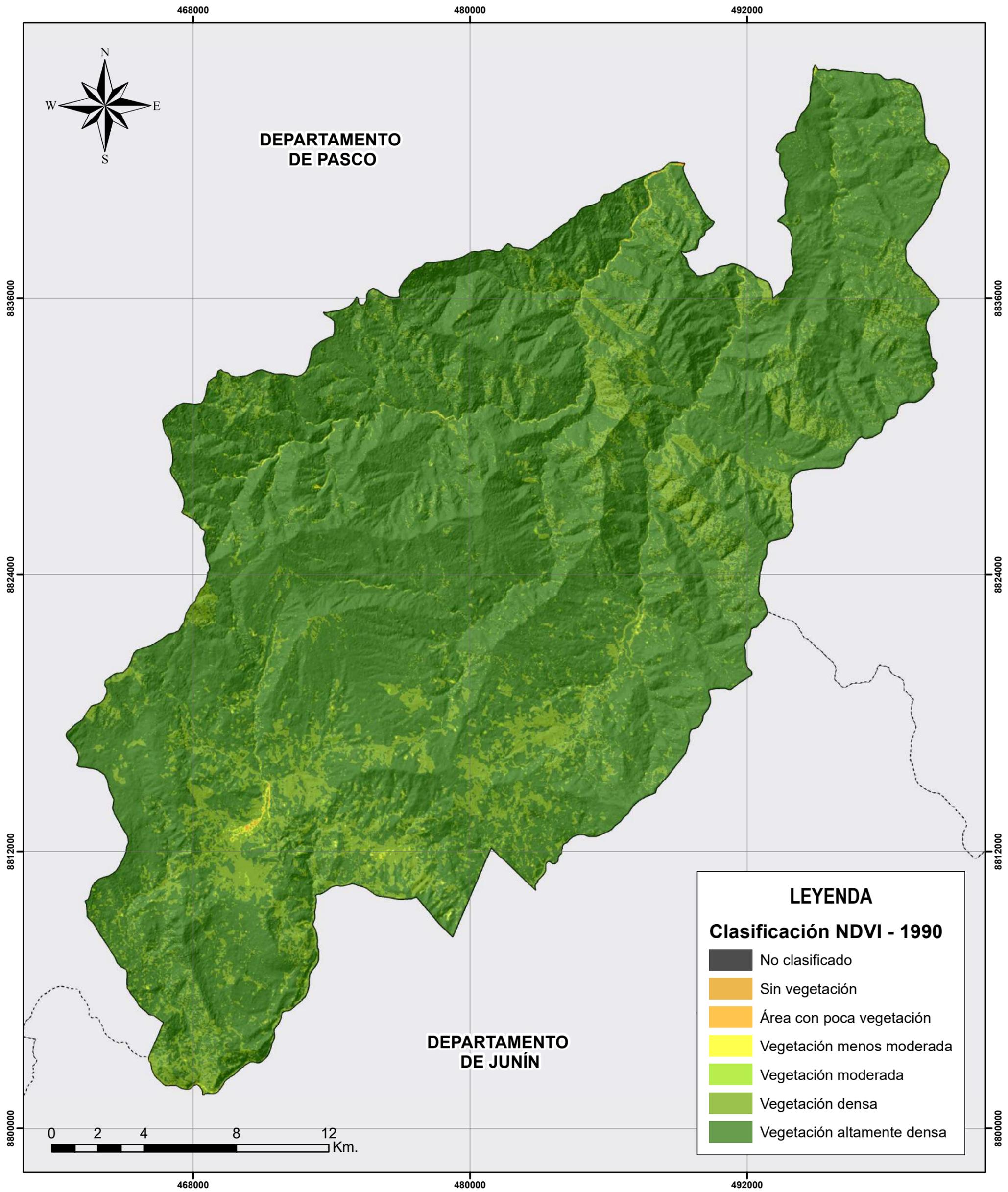
### **9.23. Imagen satelital 2022**



ESTUDIO	UBICACIÓN GEOGRÁFICA	AUTORÍA	DATOS ESPECÍFICOS	REFERENCIAS	DATOS ADICIONALES	CASA DE ESTUDIOS
EVOLUCIÓN Y ESTIMACIÓN DEL USO ACTUAL DE LA TIERRA Y LA CALIDAD DE LA CUBIERTA VEGETAL EN EL DISTRITO DE VILLA RICA	DISTRITO	REALIZADO POR	SISTEMA DE COORDENADAS	IMÁGENES SATELITALES LANDSAT 8. TOMADO DEL PORTAL GLOVIS (USGS)	FECHA	UNIVERSIDAD
	VILLA RICA	BACH. NILTON JUAN ESPINOZA ARISTIZABAL	UTM WGS-84 ZONA 18 SUR	MINISTERIO DEL AMBIENTE (MINAM)	28/12/2022	UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
NOMBRE DEL MAPA	PROVINCIA	REVISADO POR	ESCALA		NÚMERO DE MAPA	FACULTAD
	OXAPAMPA	MAG. ING. CARMEN VENTURA BARRERA	1:150,000		33	INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO
IMAGEN SATELITAL PROCESADA - AÑO 2022	REGIÓN		CODIFICACIÓN		FORMATO DE HOJA	ESCUELA PROFESIONAL
	PASCO		VR - IS - 05		FORMATO A3	INGENIERÍA AMBIENTAL



#### 9.24. Mapa de NDVI 1990



**LEYENDA**

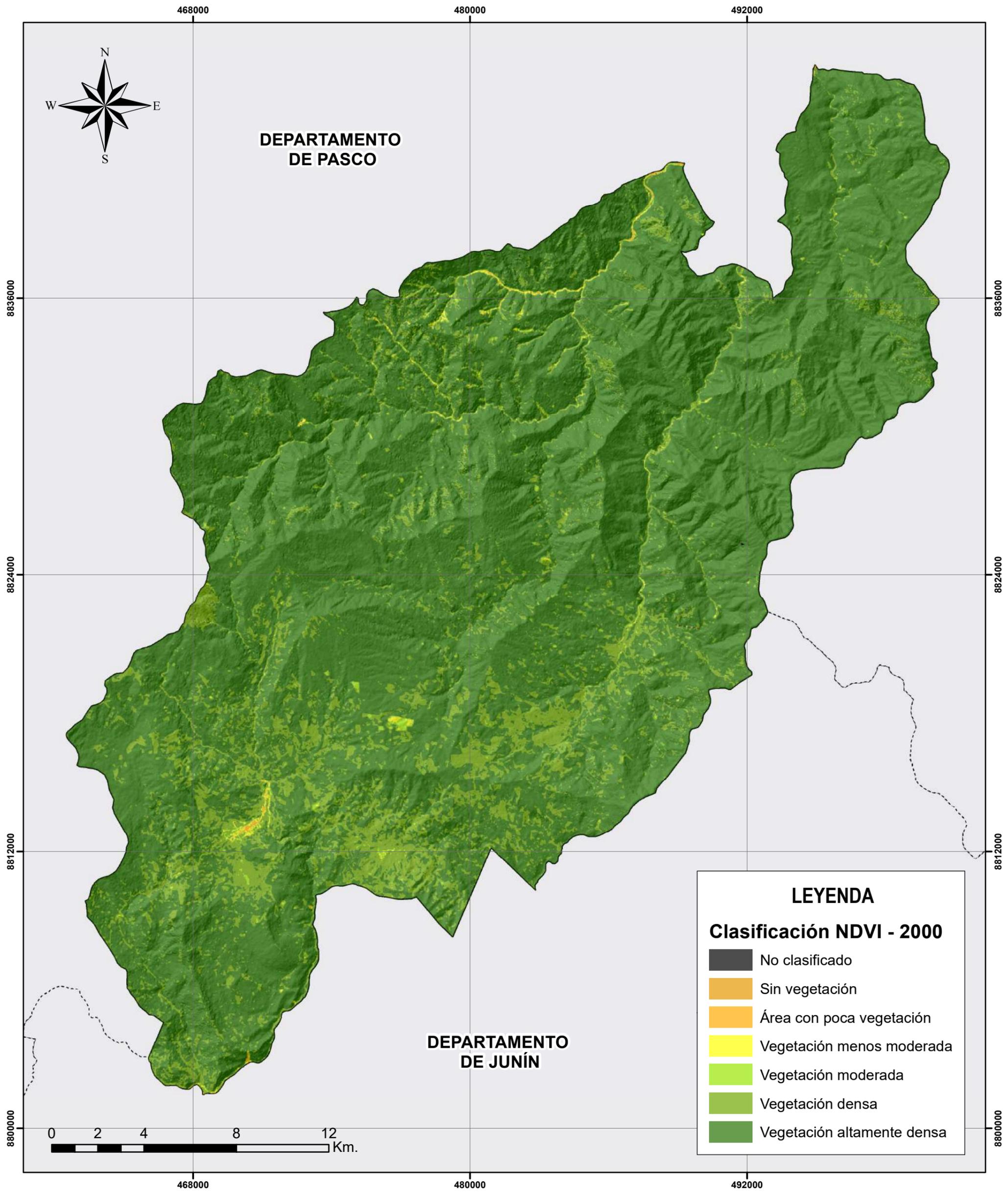
**Clasificación NDVI - 1990**

- No clasificado
- Sin vegetación
- Área con poca vegetación
- Vegetación menos moderada
- Vegetación moderada
- Vegetación densa
- Vegetación altamente densa

ESTUDIO	UBICACIÓN GEOGRÁFICA	AUTORÍA	DATOS ESPECÍFICOS	REFERENCIAS	DATOS ADICIONALES	CASA DE ESTUDIOS
EVOLUCIÓN Y ESTIMACIÓN DEL USO ACTUAL DE LA TIERRA Y LA CALIDAD DE LA CUBIERTA VEGETAL EN EL DISTRITO DE VILLA RICA	DISTRITO	REALIZADO POR	SISTEMA DE COORDENADAS	IMÁGENES SATELITALES LANDSAT 5, TOMADO DEL PORTAL GLOVIS (USGS)	FECHA	UNIVERSIDAD
	VILLA RICA	BACH. NILTON JUAN ESPINOZA ARISTIZABAL	UTM WGS-84 ZONA 18 SUR	MINISTERIO DEL AMBIENTE (MINAM)	17/10/2022	UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
NOMBRE DEL MAPA	PROVINCIA	REVISADO POR	ESCALA	ALASKA SATELLITE FACILITY (ASF)	NÚMERO DE MAPA	FACULTAD
	OXAPAMPA	MAG. ING. CARMEN VENTURA BARRERA	1:150,000	VR - IN - 01	7	INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO
ÍNDICE NDVI DEL DISTRITO DE VILLA RICA - AÑO 1990	REGIÓN				FORMATO DE HOJA	ESCUELA PROFESIONAL
	PASCO				FORMATO A3	INGENIERÍA AMBIENTAL



### 9.25. Mapa de NDVI 2000



**LEYENDA**

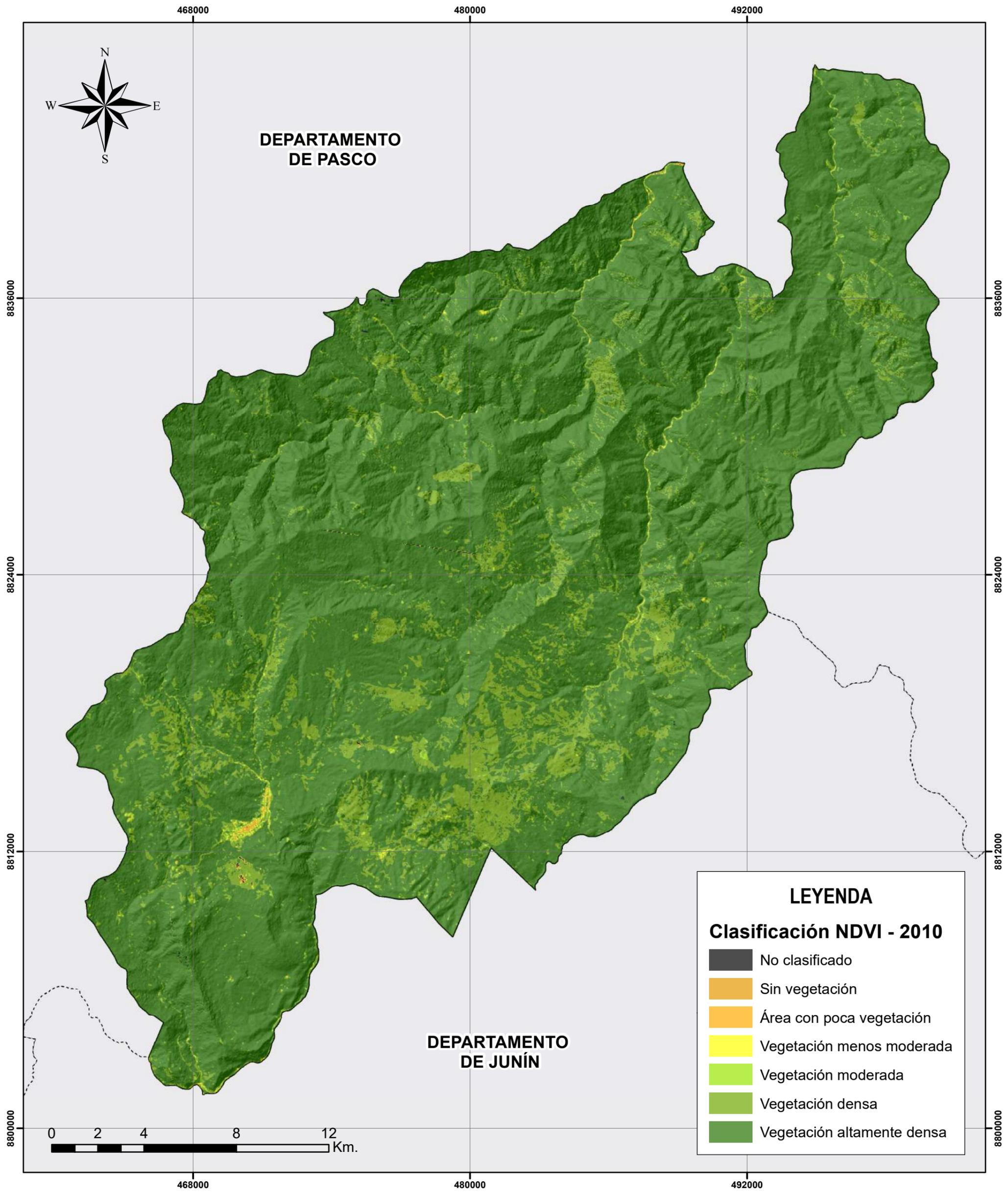
**Clasificación NDVI - 2000**

- No clasificado
- Sin vegetación
- Área con poca vegetación
- Vegetación menos moderada
- Vegetación moderada
- Vegetación densa
- Vegetación altamente densa

ESTUDIO	UBICACIÓN GEOGRÁFICA	AUTORÍA	DATOS ESPECÍFICOS	REFERENCIAS	DATOS ADICIONALES	CASA DE ESTUDIOS
EVOLUCIÓN Y ESTIMACIÓN DEL USO ACTUAL DE LA TIERRA Y LA CALIDAD DE LA CUBIERTA VEGETAL EN EL DISTRITO DE VILLA RICA	DISTRITO	REALIZADO POR	SISTEMA DE COORDENADAS	IMÁGENES SATELITALES LANDSAT 5 Y 7, TOMADO DEL PORTAL GLOVIS (USGS)	FECHA	UNIVERSIDAD
	VILLA RICA	BACH. NILTON JUAN ESPINOZA ARISTIZABAL	UTM WGS-84 ZONA 18 SUR		17/10/2022	UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
NOMBRE DEL MAPA	PROVINCIA	REVISADO POR	ESCALA	MINISTERIO DEL AMBIENTE (MINAM)	NÚMERO DE MAPA	FACULTAD
	OXAPAMPA	MAG. ING. CARMEN VENTURA BARRERA	1:150,000	ALASKA SATELLITE FACILITY (ASF)	8	INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO
ÍNDICE NDVI DEL DISTRITO DE VILLA RICA - AÑO 2000	REGIÓN		CODIFICACIÓN		FORMATO DE HOJA	ESCUELA PROFESIONAL
	PASCO		VR - IN - 02		FORMATO A3	INGENIERÍA AMBIENTAL



**9.26. Mapa de NDVI 2010**



**LEYENDA**

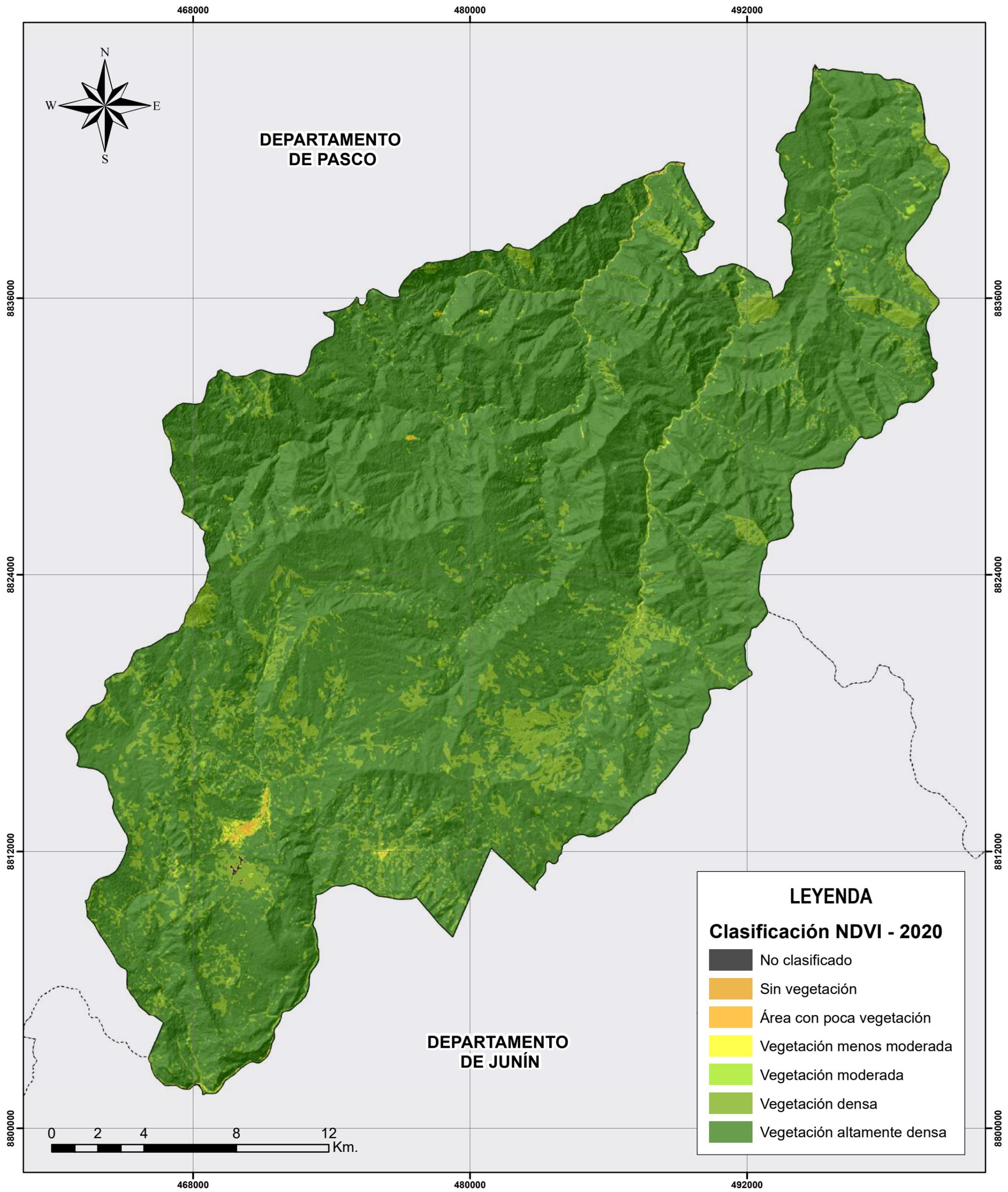
**Clasificación NDVI - 2010**

- No clasificado
- Sin vegetación
- Área con poca vegetación
- Vegetación menos moderada
- Vegetación moderada
- Vegetación densa
- Vegetación altamente densa

ESTUDIO	UBICACIÓN GEOGRÁFICA	AUTORÍA	DATOS ESPECÍFICOS	REFERENCIAS	DATOS ADICIONALES	CASA DE ESTUDIOS
EVOLUCIÓN Y ESTIMACIÓN DEL USO ACTUAL DE LA TIERRA Y LA CALIDAD DE LA CUBIERTA VEGETAL EN EL DISTRITO DE VILLA RICA	DISTRITO	REALIZADO POR	SISTEMA DE COORDENADAS	IMÁGENES SATELITALES LANDSAT 5 Y 7, TOMADO DEL PORTAL GLOVIS (USGS)	FECHA	UNIVERSIDAD
	VILLA RICA	BACH. NILTON JUAN ESPINOZA ARISTIZABAL	UTM WGS-84 ZONA 18 SUR	MINISTERIO DEL AMBIENTE (MINAM)	17/10/2022	UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
NOMBRE DEL MAPA	PROVINCIA	REVISADO POR	ESCALA	ALASKA SATELLITE FACILITY (ASF)	NÚMERO DE MAPA	FACULTAD
	OXAPAMPA	MAG. ING. CARMEN VENTURA BARRERA	1:150,000	VR - IN - 03	9	INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO
ÍNDICE NDVI DEL DISTRITO DE VILLA RICA - AÑO 2010	REGIÓN				FORMATO DE HOJA	ESCUELA PROFESIONAL
	PASCO				FORMATO A3	INGENIERÍA AMBIENTAL



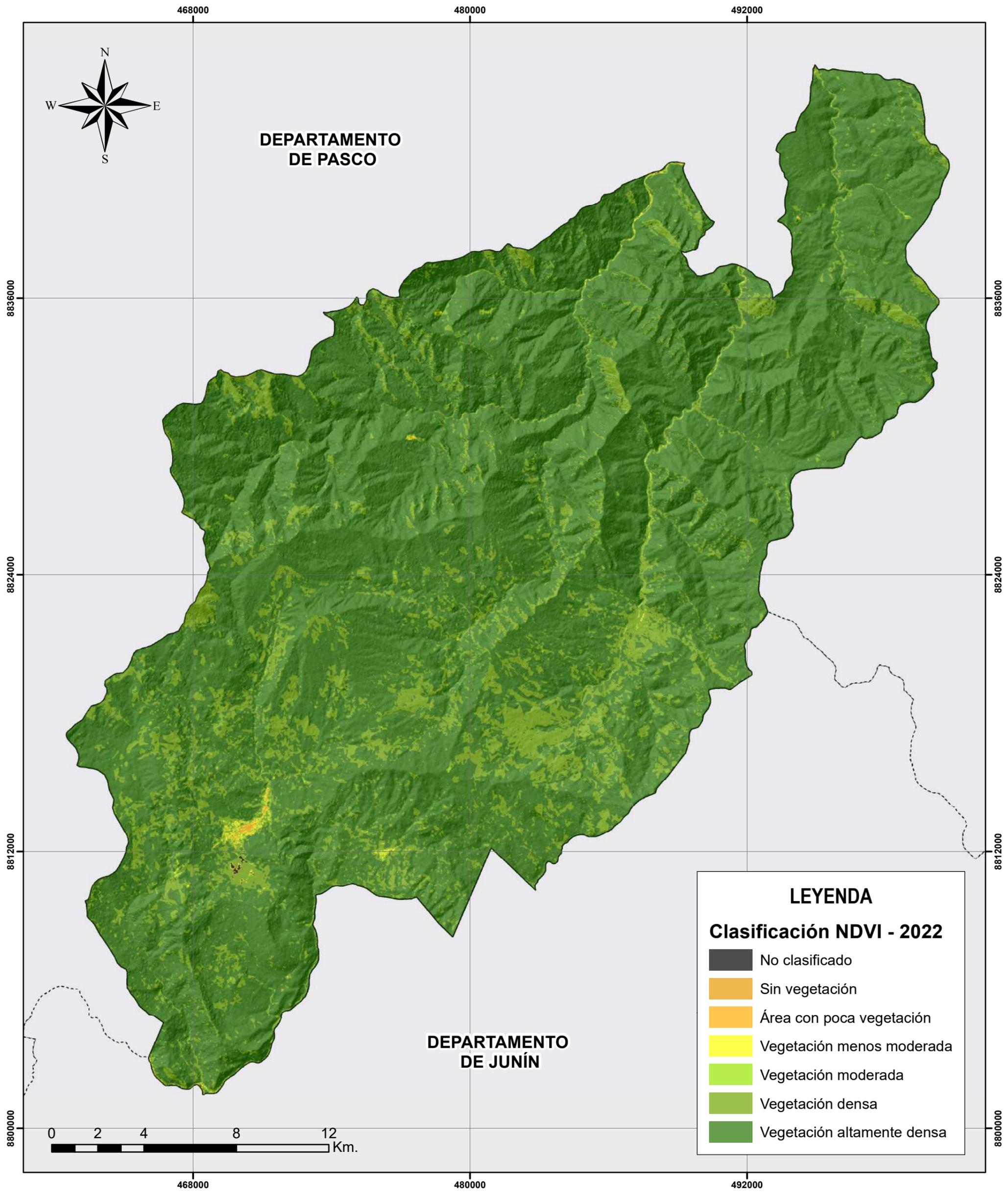
**9.27. Mapa de NDVI 2020**



ESTUDIO	UBICACIÓN GEOGRÁFICA	AUTORÍA	DATOS ESPECÍFICOS	REFERENCIAS	DATOS ADICIONALES	CASA DE ESTUDIOS
EVOLUCIÓN Y ESTIMACIÓN DEL USO ACTUAL DE LA TIERRA Y LA CALIDAD DE LA CUBIERTA VEGETAL EN EL DISTRITO DE VILLA RICA	<b>DISTRITO</b> VILLA RICA	<b>REALIZADO POR</b>  BACH. NILTON JUAN ESPINOZA ARISTIZABAL	<b>SISTEMA DE COORDENADAS</b>  UTM WGS-84 ZONA 18 SUR	IMÁGENES SATELITALES LANDSAT 8, TOMADO DEL PORTAL GLOVIS (USGS)	<b>FECHA</b>  17/10/2022	<b>UNIVERSIDAD</b>  UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
	<b>PROVINCIA</b> OXAPAMPA		<b>ESCALA</b>  1:150,000		<b>NÚMERO DE MAPA</b>  10	<b>FACULTAD</b>  INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO
<b>NOMBRE DEL MAPA</b>  ÍNDICE NDVI DEL DISTRITO DE VILLA RICA - AÑO 2020	<b>REGIÓN</b> PASCO	<b>REVISADO POR</b>  MAG. ING. CARMEN VENTURA BARRERA	<b>CODIFICACIÓN</b>  VR - IN - 04	ALASKA SATELLITE FACILITY (ASF)	<b>FORMATO DE HOJA</b>  FORMATO A3	<b>ESCUELA PROFESIONAL</b>  INGENIERÍA AMBIENTAL



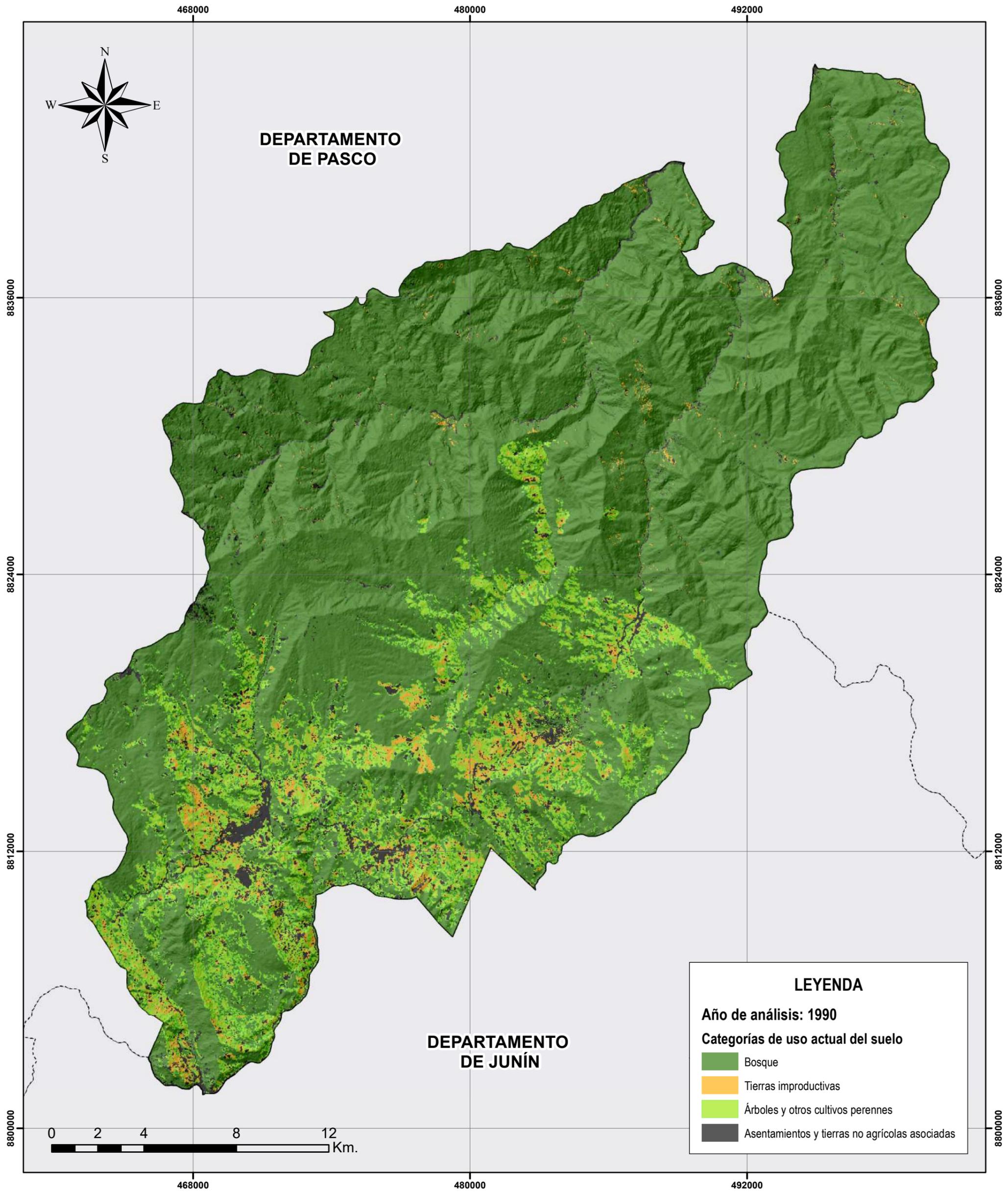
### 9.28. Mapa de NDVI 2022



ESTUDIO	UBICACIÓN GEOGRÁFICA	AUTORÍA	DATOS ESPECÍFICOS	REFERENCIAS	DATOS ADICIONALES	CASA DE ESTUDIOS
EVOLUCIÓN Y ESTIMACIÓN DEL USO ACTUAL DE LA TIERRA Y LA CALIDAD DE LA CUBIERTA VEGETAL EN EL DISTRITO DE VILLA RICA	<b>DISTRITO</b> VILLA RICA	<b>REALIZADO POR</b>  BACH. NILTON JUAN ESPINOZA ARISTIZABAL	<b>SISTEMA DE COORDENADAS</b>  UTM WGS-84 ZONA 18 SUR	IMÁGENES SATELITALES LANDSAT 8 Y 9, TOMADO DEL PORTAL GLOVIS (USGS)	<b>FECHA</b>  17/10/2022	<b>UNIVERSIDAD</b>  UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
	<b>PROVINCIA</b> OXAPAMPA		<b>ESCALA</b>  1:150,000		<b>NÚMERO DE MAPA</b>  11	<b>FACULTAD</b>  INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO
<b>NOMBRE DEL MAPA</b>  ÍNDICE NDVI DEL DISTRITO DE VILLA RICA - AÑO 2022	<b>REGIÓN</b>  PASCO	<b>REVISADO POR</b>  MAG. ING. CARMEN VENTURA BARRERA	<b>CODIFICACIÓN</b>  VR - IN - 05	MINISTERIO DEL AMBIENTE (MINAM)	<b>FORMATO DE HOJA</b>  FORMATO A3	<b>ESCUELA PROFESIONAL</b>  INGENIERÍA AMBIENTAL



**9.29. Mapa de uso actual de suelo 1990**



**LEYENDA**

**Año de análisis: 1990**

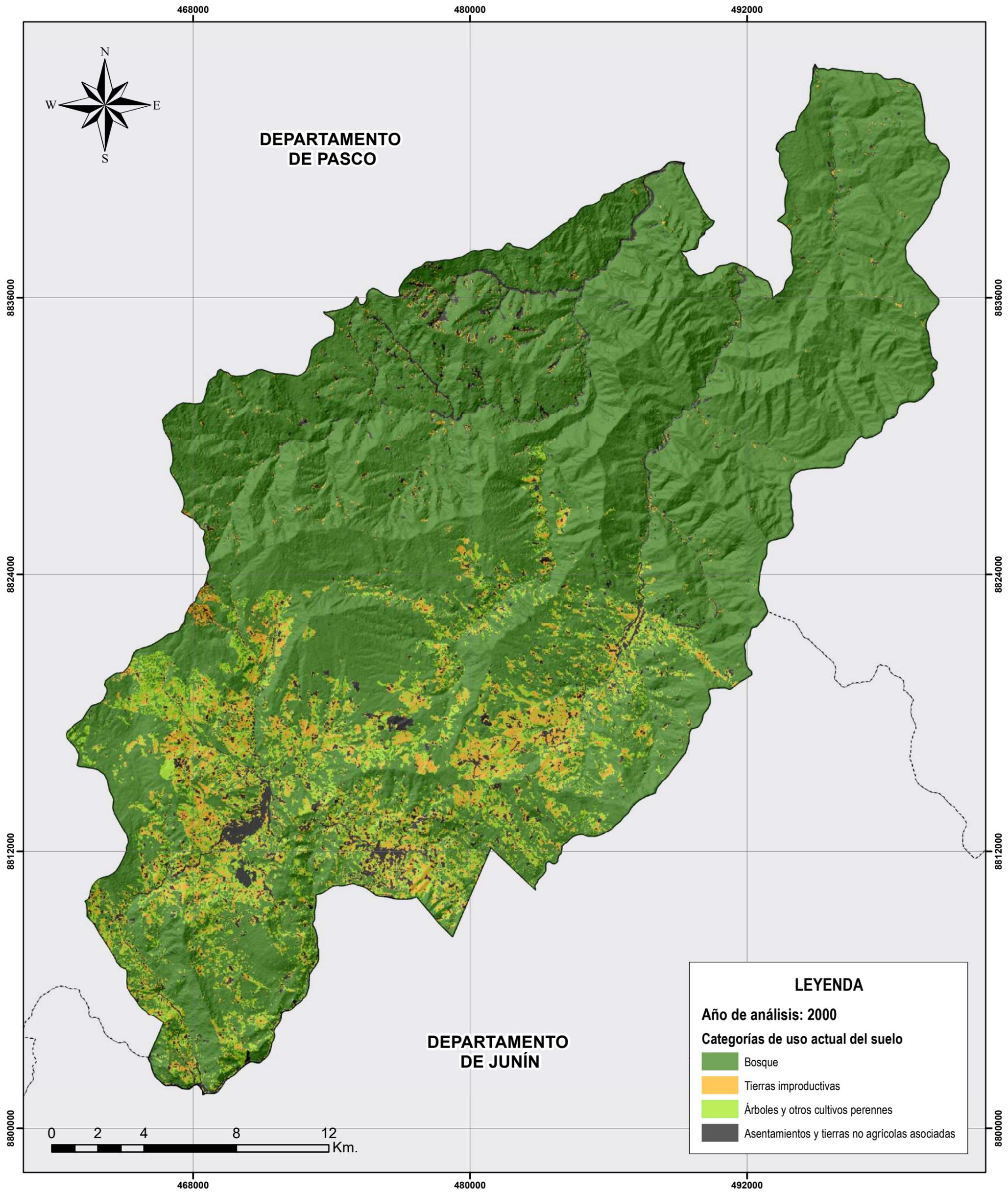
**Categorías de uso actual del suelo**

- Bosque
- Tierras improductivas
- Árboles y otros cultivos perennes
- Asentamientos y tierras no agrícolas asociadas

ESTUDIO	UBICACIÓN GEOGRÁFICA	AUTORÍA	DATOS ESPECÍFICOS	REFERENCIAS	DATOS ADICIONALES	CASA DE ESTUDIOS
EVOLUCIÓN Y ESTIMACIÓN DEL USO ACTUAL DE LA TIERRA Y LA CALIDAD DE LA CUBIERTA VEGETAL EN EL DISTRITO DE VILLA RICA	<b>DISTRITO</b> VILLA RICA	<b>REALIZADO POR</b>  BACH. NILTON JUAN ESPINOZA ARISTIZABAL	<b>SISTEMA DE COORDENADAS</b>  UTM WGS-84 ZONA 18 SUR	IMÁGENES SATELITALES LANDSAT 8 Y 9, TOMADO DEL PORTAL GLOVIS (USGS)	<b>FECHA</b>  15/12/2022	<b>UNIVERSIDAD</b>  UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
	<b>PROVINCIA</b> OXAPAMPA		<b>ESCALA</b>  1:150,000		<b>NÚMERO DE MAPA</b>  15	
<b>NOMBRE DEL MAPA</b>  USO ACTUAL DEL SUELO DEL DISTRITO DE VILLA RICA - AÑO 1990	<b>REGIÓN</b> PASCO	<b>REVISADO POR</b>  MAG. ING. CARMEN VENTURA BARRERA	<b>CODIFICACIÓN</b>  VR - UA - 01	MINISTERIO DEL AMBIENTE (MINAM)	<b>FORMATO DE HOJA</b>  FORMATO A3	<b>ESCUELA PROFESIONAL</b>  INGENIERÍA AMBIENTAL



**9.30. Mapa de uso actual de suelo 2000**



**LEYENDA**

**Año de análisis: 2000**

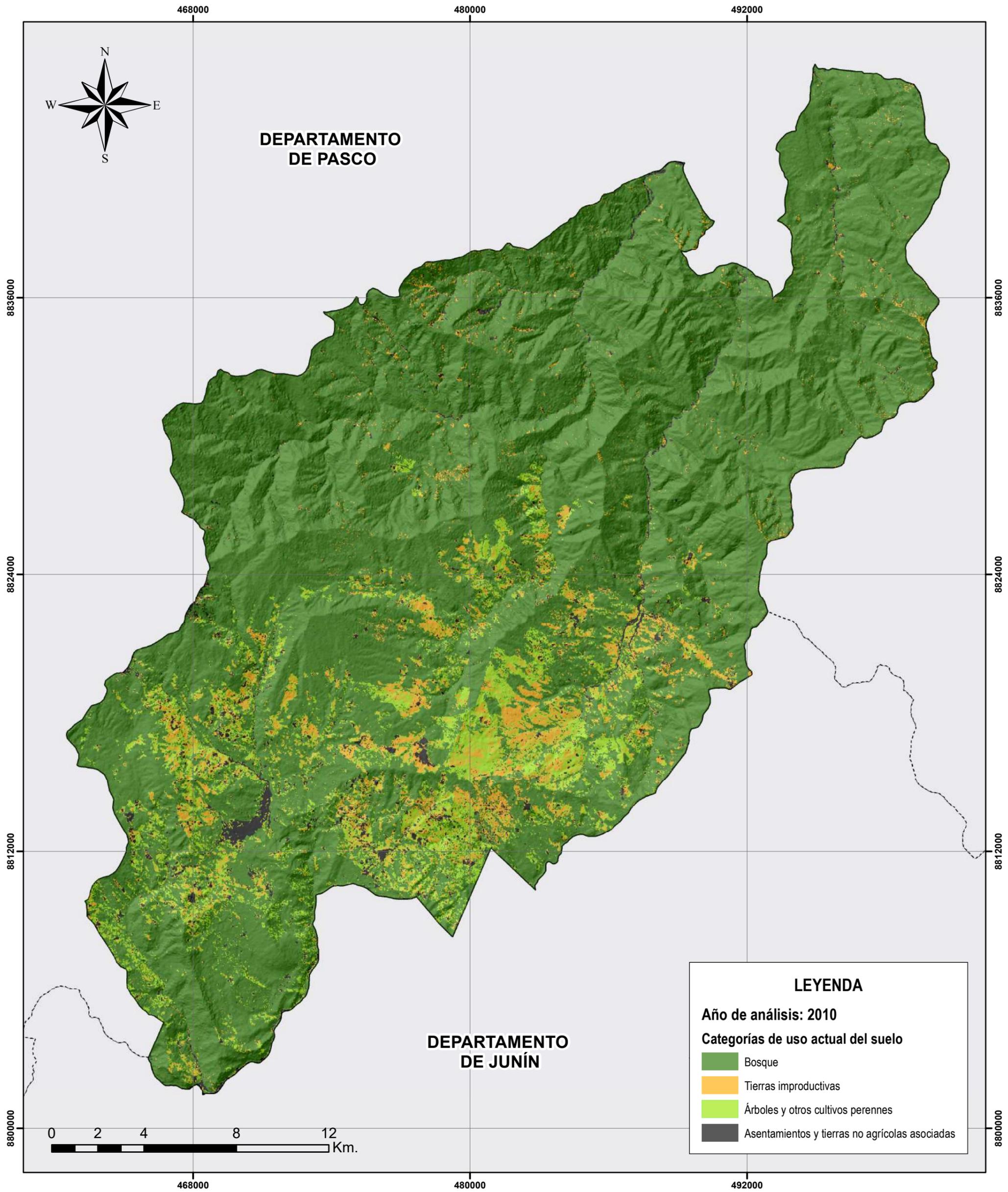
**Categorías de uso actual del suelo**

- Bosque
- Tierras improductivas
- Árboles y otros cultivos perennes
- Asentamientos y tierras no agrícolas asociadas

ESTUDIO	UBICACIÓN GEOGRÁFICA	AUTORÍA	DATOS ESPECÍFICOS	REFERENCIAS	DATOS ADICIONALES	CASA DE ESTUDIOS
EVOLUCIÓN Y ESTIMACIÓN DEL USO ACTUAL DE LA TIERRA Y LA CALIDAD DE LA CUBIERTA VEGETAL EN EL DISTRITO DE VILLA RICA	DISTRITO	REALIZADO POR	SISTEMA DE COORDENADAS	IMÁGENES SATELITALES LANDSAT 8 Y 9, TOMADO DEL PORTAL GLOVIS (USGS)	FECHA	UNIVERSIDAD
	VILLA RICA	BACH. NILTON JUAN ESPINOZA ARISTIZABAL	UTM WGS-84 ZONA 18 SUR	MINISTERIO DEL AMBIENTE (MINAM)	15/12/2022	UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
NOMBRE DEL MAPA	PROVINCIA	REVISADO POR	ESCALA	ALASKA SATELLITE FACILITY (ASF)	NÚMERO DE MAPA	FACULTAD
	OXAPAMPA	MAG. ING. CARMEN VENTURA BARRERA	1:150,000	VR - UA - 02	16	INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO
USO ACTUAL DEL SUELO DEL DISTRITO DE VILLA RICA - AÑO 2000	REGIÓN		CODIFICACIÓN		FORMATO DE HOJA	ESCUELA PROFESIONAL
	PASCO				FORMATO A3	INGENIERÍA AMBIENTAL



**9.31. Mapa de uso actual de suelo 2010**



**LEYENDA**

**Año de análisis: 2010**

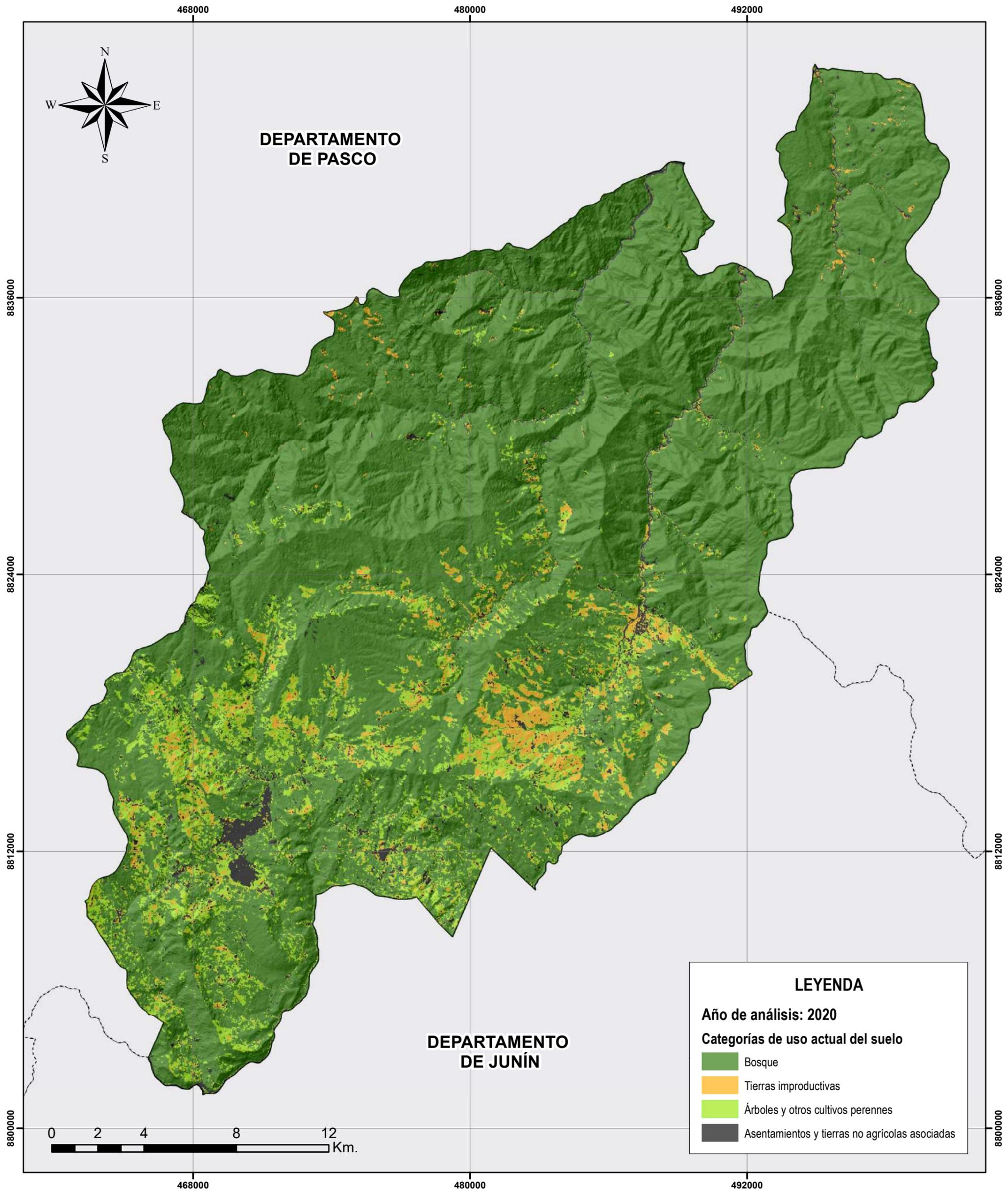
**Categorías de uso actual del suelo**

- Bosque
- Tierras improductivas
- Árboles y otros cultivos perennes
- Asentamientos y tierras no agrícolas asociadas

ESTUDIO	UBICACIÓN GEOGRÁFICA	AUTORÍA	DATOS ESPECÍFICOS	REFERENCIAS	DATOS ADICIONALES	CASA DE ESTUDIOS
EVOLUCIÓN Y ESTIMACIÓN DEL USO ACTUAL DE LA TIERRA Y LA CALIDAD DE LA CUBIERTA VEGETAL EN EL DISTRITO DE VILLA RICA	DISTRITO	REALIZADO POR	SISTEMA DE COORDENADAS	IMÁGENES SATELITALES LANDSAT 8 Y 9, TOMADO DEL PORTAL GLOVIS (USGS)	FECHA	UNIVERSIDAD
	VILLA RICA	BACH. NILTON JUAN ESPINOZA ARISTIZABAL	UTM WGS-84 ZONA 18 SUR	MINISTERIO DEL AMBIENTE (MINAM)	15/12/2022	UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
NOMBRE DEL MAPA	PROVINCIA	REVISADO POR	ESCALA	ALASKA SATELLITE FACILITY (ASF)	NÚMERO DE MAPA	FACULTAD
	OXAPAMPA	MAG. ING. CARMEN VENTURA BARRERA	1:150,000	VR - UA - 03	17	INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO
USO ACTUAL DEL SUELO DEL DISTRITO DE VILLA RICA - AÑO 2010	REGIÓN		CODIFICACIÓN		FORMATO DE HOJA	ESCUELA PROFESIONAL
	PASCO				FORMATO A3	INGENIERÍA AMBIENTAL



### 9.32. Mapa de uso actual de suelo 2020



**LEYENDA**

**Año de análisis: 2020**

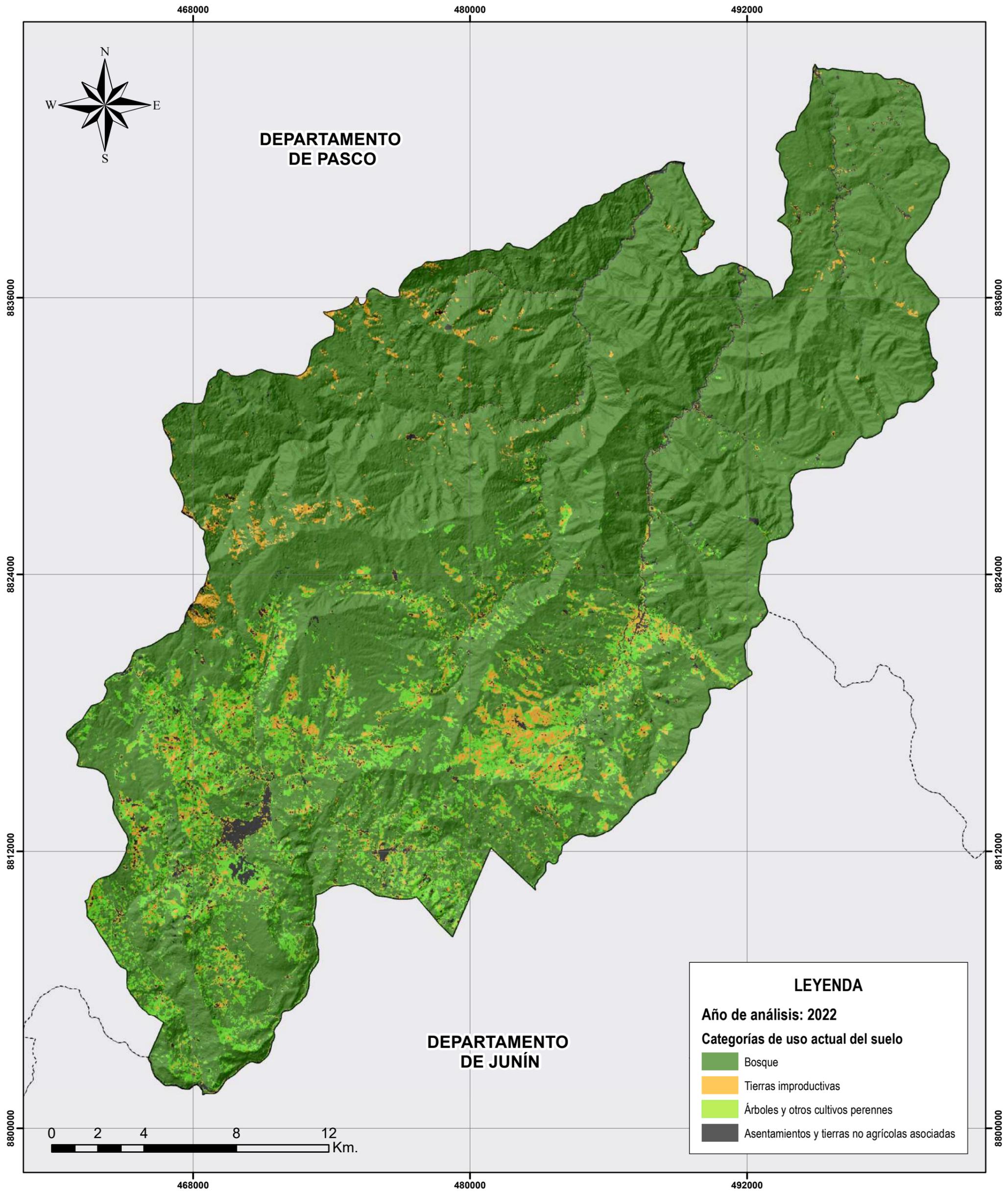
**Categorías de uso actual del suelo**

- Bosque
- Tierras improductivas
- Árboles y otros cultivos perennes
- Asentamientos y tierras no agrícolas asociadas

ESTUDIO	UBICACIÓN GEOGRÁFICA	AUTORÍA	DATOS ESPECÍFICOS	REFERENCIAS	DATOS ADICIONALES	CASA DE ESTUDIOS
EVOLUCIÓN Y ESTIMACIÓN DEL USO ACTUAL DE LA TIERRA Y LA CALIDAD DE LA CUBIERTA VEGETAL EN EL DISTRITO DE VILLA RICA	DISTRITO	REALIZADO POR	SISTEMA DE COORDENADAS	IMÁGENES SATELITALES LANDSAT 8 Y 9, TOMADO DEL PORTAL GLOVIS (USGS)	FECHA	UNIVERSIDAD
	VILLA RICA	BACH. NILTON JUAN ESPINOZA ARISTIZABAL	UTM WGS-84 ZONA 18 SUR	MINISTERIO DEL AMBIENTE (MINAM)	15/12/2022	UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
NOMBRE DEL MAPA	PROVINCIA	REVISADO POR	ESCALA	MINISTERIO DEL AMBIENTE (MINAM)	NÚMERO DE MAPA	FACULTAD
	OXAPAMPA	MAG. ING. CARMEN VENTURA BARRERA	1:150,000	ALASKA SATELLITE FACILITY (ASF)	18	INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO
USO ACTUAL DEL SUELO DEL DISTRITO DE VILLA RICA - AÑO 2020	REGIÓN		CODIFICACIÓN		FORMATO DE HOJA	ESCUELA PROFESIONAL
	PASCO		VR - UA - 04		FORMATO A3	INGENIERÍA AMBIENTAL



### **9.33. Mapa de uso actual de suelo 2022**



ESTUDIO	UBICACIÓN GEOGRÁFICA	AUTORÍA	DATOS ESPECÍFICOS	REFERENCIAS	DATOS ADICIONALES	CASA DE ESTUDIOS
EVOLUCIÓN Y ESTIMACIÓN DEL USO ACTUAL DE LA TIERRA Y LA CALIDAD DE LA CUBIERTA VEGETAL EN EL DISTRITO DE VILLA RICA	DISTRITO	REALIZADO POR	SISTEMA DE COORDENADAS	IMÁGENES SATELITALES LANDSAT 8 Y 9, TOMADO DEL PORTAL GLOVIS (USGS)	FECHA	UNIVERSIDAD
	VILLA RICA	BACH. NILTON JUAN ESPINOZA ARISTIZABAL	UTM WGS-84 ZONA 18 SUR		15/12/2022	UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
	PROVINCIA	REVISADO POR	ESCALA	MINISTERIO DEL AMBIENTE (MINAM)	NÚMERO DE MAPA	FACULTAD
NOMBRE DEL MAPA	OXAPAMPA	MAG. ING. CARMEN VENTURA BARRERA	1:150,000		19	INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO
USO ACTUAL DEL SUELO DEL DISTRITO DE VILLA RICA - AÑO 2022	REGIÓN		CODIFICACIÓN	ALASKA SATELLITE FACILITY (ASF)	FORMATO DE HOJA	ESCUELA PROFESIONAL
	PASCO		VR - UA - 05		FORMATO A3	INGENIERÍA AMBIENTAL



### **9.34. Memoria fotográfica**

## REGISTRO FOTOGRÁFICO

A continuación, se presenta un registro fotográfico de la visita técnica realizada al distrito de Villa Rica, acontecida durante el mes de agosto del 2022 como parte del levantamiento de información *in situ*:



Localidad del distrito de Villa Rica, capital del mismo



Zona periurbana del distrito de Villa Rica



Zonas de pastizal del distrito de Villa Rica



Cuerpo de agua (riachuelo) en el distrito de Villa Rica



Humedal – laguna “El Oconal”, ubicada en el distrito de Villa Rica



Zonas de derrumbe de laderas en el distrito de Villa Rica



Zona boscosa del distrito de Villa Rica



Parcelamiento de zonas boscosas y de cultivo en el distrito de Villa Rica