

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES
ESCUELA PROFESIONA DE CIENCIAS EN CONSERVACIÓN DE SUELOS
Y AGUAS



FACTORES LIMITANTES DE FERTILIDAD DE LOS SUELOS POR UNIDADES
FISOGRÁFICAS EN LA MICROCUENCA PICUROYACU – DISTRITO DE
CASTILLO GRANDE

Tesis

Para optar el título de:

INGENIERO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES
MENCIÓN CONSERVACIÓN DE SUELOS Y AGUA

Presentado por:

DARWIN SILVA GONZALES

Tingo María – Perú

2019



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María – Perú



FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 26 de Diciembre del 2018, a horas 6:00 p.m. en la Sala de Sesiones del Departamento Académico de Ciencias en Conservación de Suelos y Agua de la Facultad de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, para calificar la Tesis titulada:

“FACTORES LIMITANTES DE FERTILIDAD DE LOS SUELOS POR UNIDADES FISIAGRÁFICAS EN LA MICROCUENCA PICUROYACU – DISTRITO DE CASTILLO GRANDE”

Presentado por el Bachiller: **DARWIN SILVA GONZALES**, después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara aprobado con el calificativo de “**BUENO**”

En consecuencia, el sustentante queda apto para optar el Título de **INGENIERO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES**, mención **CONSERVACIÓN DE SUELOS Y AGUA**, que será aprobado por el Consejo de Facultad, tramitándolo al Consejo Universitario para la otorgación del Título correspondiente.

Tingo María, 07 de Mayo del 2019.

Ing. MSc. **JOSÉ D. LÉVANO CRISÓSTOMO**
PRESIDENTE

Dr. **LUCIO MANRIQUE DE LARA SUÁREZ**
MIEMBRO

Ing. MSc. **SANDRO J. RUIZ CASTRE**
MIEMBRO

Ing. **JUAN PABLO RENGIFO TRIGOZO**
ASESOR



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA EN CONSERVACIÓN DE SUELOS
Y AGUA



FACTORES LIMITANTES DE FERTILIDAD DE LOS SUELOS POR UNIDADES
FISIOGRÁFICAS EN LA MICROCUENCA PICUROYACU - DISTRITO DE
CASTILLO GRANDE

Autor : DARWIN SILVA GONZALES

Asesor : Ing. M.Sc. JUAN PABLO RENGIFO TRIGOZO

Programa de Investigación : Ciencias Básicas

Línea de Investigación : Física y químicas de suelos

Eje Temático de Investigación : Indicadores físicos y químicos del suelo

Lugar de Ejecución : Fundo Alborada - Castillo Grande – Leoncio Prado – Tingo María.

Duración : Fecha de Inicio : 19/01/2016

Termino : 26/12/2018

Financiamiento :

Propio : si

Monto : 9,500.00

DEDICATORIA

A Dios; por su misericordia, por darme fuerza y sabiduría para enfrentar obstáculos y seguir adelante aún en los momentos más difíciles. A Jesús, en eterna gratitud y amor por haberme dado su vida por la mía.

A mis padres Miguel Antonio Silva Gil y Norma Luz Gonzales Grandez, quienes me enseñaron a vivir, por enseñarme a amar y esforzarme, por su incondicional apoyo y por su valioso empeño por lograr que su hijo cristalice sus metas. GRACIAS

A mi esposa Liz, mi hijo Haziell, primos y hermanos por su confianza y sobre todo incentivar me a salir adelante; con el cariño y gratitud de siempre.

AGRADECIMIENTOS

Esta tesis no hubiese sido posible su finalización sin la cooperación desinteresada de todas y cada una de las personas que a continuación citaré y muchas de las cuales han sido un soporte muy fuerte en momentos difíciles.

A mis asesores: Ing. JUAN PABLO RENGIFO TRIGOZO y al Ing. JAIME HIPÓLITO VASQUEZ, patrocinadores del presente trabajo de investigación.

Al Ing. MS.c. JOSE LEVANO CRISOSTOMO, presidente de jurado de tesis, Ing. MS.c. LUCIO MANRIQUE DE LARA SUAREZ y al Ing. MS:c. SANDRO RUIZ CASTRE, miembros del jurado de la presente tesis, quienes desinteresadamente formaron parte de la revisión de la tesis.

A mi alma mater Universidad Nacional Agraria de la Selva, Facultad de Recursos Naturales Renovables y plana docente, por la contribución en mi formación como profesional.

A los docentes de la Facultad de Recursos Naturales por haber sido los principales forjadores para mi formación como profesional

A todas las personas que de una u otra forma me brindaron su apoyo moral, a mis familiares y amigos sinceros con quienes compartimos vivencias muy gratas que enriquecieron mi vida espiritual y profesional, MUCHAS GRACIAS.

ÍNDICE

	Página
I. INTRODUCCIÓN.....	.01
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	.04
2.1. Suelo.....	.04
2.2. Propiedades físicas del suelo.....	04
2.2.1. Textura del suelo.....	.05
2.2.2. Clase textural.....	.05
2.2.3. Densidad aparente del suelo.....	.06
2.2.4. Resistencia de suelo a la penetración.....	.07
2.2.5. Granulometría.....	.08
2.3. Propiedades químicas del suelo.....	08
2.3.1. El pH.....	.08
2.4. Materia orgánica.....	10
2.4.1. Niveles de materia orgánica.....	.10
2.5. Nitrógeno total en el suelo.....	.11
2.6. El fósforo en el suelo.....	11
2.7. El potasio en el suelo.....	12
2.8. Capacidad de intercambio catiónico CIC.....	12
2.9. Estudio del suelo.....	14
2.10. El sistema de clasificación de suelos por su fertilidad y capacidad (FCC).....	14
2.11. Unidades de clasificación del sistema FCC.....	15
2.11.1. Tipos.....	.15
2.11.2. Indicadores de fragmentos gruesos.....	.18

2.11.3. Modificadores.....	18
2.12. Significación de elementos de la clasificación de FCC e interpretación para manejo de suelos.....	20
2.12.1. Capacidad de intercambio catiónico (CIC) del suelo (modificador e).....	20
2.12.2. Acidez del suelo (modificadores “a” y “h”).....	21
2.12.3. Suelos con problemas de drenaje (modificador “g”).....	22
2.12.4. Capacidad del suelo para abastecer potasio (modificador “k”).....	22
2.12.5. Compactación de suelo debido al tráfico de animales (modificador “#”).....	23
2.13. Fertilidad del suelo.....	23
2.17. Antecedentes de otras investigaciones.....	25
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	28
3.1. Lugar de ejecución	28
3.1.1. Ubicación política.....	28
3.1.2. Ubicación geográfica.....	28
3.2. Descripción del área de estudio	29
3.2.1. Fisiografía.....	29
3.2.2. Clima.....	30
3.2.3. Ecología.....	30
3.2.4. Hidrología.....	31
3.2.5. Accesibilidad.....	31
3.3. Materiales, insumos y equipos	32
3.3.1. Material cartográfico.....	32

3.3.2. Material de campo	32
3.3.3. Material de laboratorio.....	32
3.3.4. Equipo y material de gabinete	32
3.4. Tipo y nivel de investigación.....	32
3.4.1. Tipo de la investigación	32
3.4.2. Nivel de la investigación	33
3.5. Método y diseño de la investigación	33
3.5.1. Método de la investigación.....	33
3.5.2. Diseño de la investigación.....	33
3.6. Metodología.....	33
3.6.1. Determinación de los factores limitantes de los suelos por unidades fisiográficas en la microcuenca Picuroyacu	33
3.6.2. Clasificación de los suelos de acuerdo a los factores limitantes, la adaptabilidad de los distintos cultivos por unidades fisiográficas en la microcuenca Picuroyacu	37
3.6.3. Representación cartográfica de la clasificación de áreas de acuerdo a los factores limitantes por unidades fisiográficas en la microcuenca Picuroyacu.....	37
IV. RESULTADOS.....	40
4.1. Determinación de los factores limitantes de los suelos por unidades fisiográficas en la microcuenca Picuroyacu.....	40
4.2. Realizar la clasificación de acuerdo a los factores limitantes, la adaptabilidad de los distintos cultivos por unidades fisiográficas en la microcuenca Picuroyacu	42

4.3. Representación cartográfica de la clasificación de áreas de acuerdo a los factores limitantes por unidades fisiográficas en la microcuenca Picuroyacu.....	57
V. DISCUSIÓN.....	67
VI. CONCLUSIONES.....	76
VII. RECOMENDACIONES.....	77
VIII. ABSTRACT.....	79
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	80
ANEXOS.....	86

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Agrupamiento general de las clases texturales	05
2. Niveles de pH del suelo	09
3. Niveles de materia orgánica.....	10
4. Rangos interpretativos para el nitrógeno total.....	11
5. Niveles de contenido de fósforo (método de Olsen).....	12
6. Niveles de contenido de potasio	13
7. Niveles de la capacidad de intercambio catiónico (pH > 5)	13
8. Niveles de la capacidad de intercambio catiónico (pH < 5)	14
9. Criterios en FCC de tipos superficiales y subsuperficiales.....	16
10. Criterios en FCC para la identificación de las clases de fragmentos gruesos.....	18
11. Criterios en FCC de los modificadores texturales.....	19
12. Criterios de pendiente (%)......	20
13. Unidades fisiográficas presentes microcuena Picuroyacu.....	29
14. Precipitación mensual acumulado del año 2016.....	30
15. Parámetros físicos, químicos del suelo (variables).....	36
16. Descripción de las propiedades físicas de los suelos microcuena Picuroyacu.....	41
17. Cobertura de referencia según nivel de acidez por unidades fisiográficas con pendiente de (0 – 5%) encontradas microcuena Picuroyacu.....	43

18.	Cobertura de referencia según nivel de acidez por unidades fisiográficas con pendiente de (0 – 10%) encontradas microcuena Picuroyacu ....	.45
19.	Identificación de fragmentos gruesos por unidades fisiográficas identificadas microcuena Picuroyacu .....	.48
20.	Cobertura de referencia según nivel de acidez por unidades fisiográficas microcuena Picuroyacu.....	.49
21.	Cobertura de referencia según nivel de acidez (0 – 20%) por unidades fisiográficas microcuena Picuroyacu .....	.53
22.	Cobertura de referencia según nivel de acidez (0 – 40%) por unidades fisiográficas microcuena Picuroyacu .....	.56
23.	Niveles de pH de los suelos según escala de clasificación microcuena Picuroyacu .....	.59
24.	Niveles de materia orgánica de los suelos según escala de clasificación microcuena Picuroyacu.....	.61
25.	Niveles de nitrógeno de los suelos según escala de clasificación microcuena Picuroyacu.....	.62
26.	Niveles de fósforo de los suelos según escala de clasificación microcuena Picuroyacu.....	.64
27.	Niveles de potasio de los suelos según escala de clasificación microcuena Picuroyacu.....	.66
28.	Escala de clasificación FCC (Lak 0 – 10%) de los suelos microcuena Picuroyacu .....	.87
29.	Descripción de las propiedades físicas de los suelos microcuena Picuroyacu .....	.87

30.	Escala de clasificación de las propiedades físicas de los suelos por unidad FCC microcuenca Picuroyacu .....	.88
31.	Cobertura de referencia según nivel de acidez por unidades fisiográficas con pendiente de (0 – 40%) microcuenca Picuroyacu.....	.88
32.	Textura de los suelos microcuenca Picuroyacu.....	.89
33.	pH de los suelos microcuenca Picuroyacu .....	.89
34.	Materia orgánica de los suelos microcuenca Picuroyacu .....	.90
35.	Niveles de nitrógeno en los suelos microcuenca Picuroyacu .....	.90
36.	Niveles de fósforo en los suelos microcuenca Picuroyacu .....	.90
37.	Niveles de potasio en los suelos microcuenca Picuroyacu.....	.91
38.	Análisis de suelos microcuenca Picuroyacu.....	.96

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Diagrama metodológico del mapa fisiográfico microcuenca Picuro yacu...35	
2. Diagrama metodológico para elaborar mapas clasificados de acuerdo a factores limitantes por unidades fisiográficas microcuenca Picuroyacu.....38	
3. Diagrama metodológico del trabajo de campo para elaborar mapas clasificados de acuerdo a factores limitantes por unidades fisiográficas microcuenca Picuroyacu.....39	
4. Georreferenciación cerca al recreo aserradero microcuenca Picuroyacu.....92	
5. Georreferenciación en el pueblo joven 1° de mayo microcuenca Picuroyacu.....92	
6. Georeferenciación cultivo de cacao microcuenca Picuroyacu.....93	
7. Georeferenciación centro poblado Picuroyacu bajo .....93	
8. Calicata en cultivo de cacao parte media microcuenca Picuroyacu .....94	
9. Calicata en pasto parte alta microcuenca Picuroyacu .....94	
10. Calicata en pasto parte media microcuenca Picuroyacu.....95	
11. Calicata en pasto parte baja cuenca Picuroyacu.....95	
12. Mapa de ubicación microcuenca Picuroyacu.....98	
13. Mapa fisiográfico microcuenca Picuroyacu.....99	
14. Clasificación del suelo de acuerdo con los factores limitantes (0 – 10%) micocuenca Picuroyacu .....100	

15.	Niveles de pH del suelo de acuerdo con los factores limitantes microcuena Picuroyacu.....	101
16.	Niveles de materia orgánica del suelo de acuerdo con los factores limitantes microcuena Picuroyacu.....	102
17.	Niveles de nitrógeno del suelo de acuerdo a los factores limitantes microcuena Picuroyacu.....	103
18.	Niveles de fósforo del suelo de acuerdo a los factores limitantes microcuena Picuroyacu.....	104
19.	Mapa de pendientes de suelo microcuena Picuroyacu.....	105

RESUMEN

La investigación busca representar cartográficamente la clasificación de suelos de acuerdo a los factores limitantes, adaptabilidad de los cultivos por unidades fisiográficas en la microcuenca Picuroyacu, ubicada el distrito de Castillo Grande, provincia Leoncio Prado, región Huánuco. La metodología consistió en recopilación de la información, elaboración del mapa fisiográfico que sirvió de mapa base para determinar el número de calicatas, muestras de suelos y determinar las propiedades físicas y químicas; clasificar a los suelos de acuerdo a los factores limitantes y la adaptabilidad de los cultivos por unidades fisiográficas y representarlos a través de los mapas temáticos. Los resultados obtenidos fueron el 50% del área de la cuenca Picuroyacu presentan una clase textural franco arcilloso, seguido de la textura franca con 33.3% y en menor proporción la textura franco arcillo arenoso con 8.33% y la textura arenoso franco, densidades y resistencia a la penetración que van desde suelos suaves a suelos moderadamente duros, aptos para cultivos con manejo adecuado, los tipos de suelos encontrados con la clasificación FCC son indicadores directos de problemas de manejo de fertilidad del suelo que limitan el manejo y la producción de los cultivos de plátano, maíz, cítricos, café en la parte alta y cacao de la variedad CCN-51 y criollo en la parte media y baja de la cuenca, requieren de prácticas agrícolas y un análisis de suelos para su dosificación con fertilizantes (N, P, K) y la distribución de las unidades de clasificación presentan pH de extremadamente ácido a moderadamente alcalino, MO con niveles medio y alto, N de muy bajo a muy altos, P de bajo hasta muy alto y K niveles bajo.

I. INTRODUCCIÓN

Los suelos de la microcuenca Picuroyacu desde sus inicios está siendo explotado por la agricultura migratoria y una agricultura de subsistencia, esta explotación no siempre va acompañada de un asesoramiento técnico, razón por la que actualmente se observan problemas en la producción de sus cultivos como consecuencia de una escasa fertilidad en los suelos; por su fragilidad requieren de un manejo adecuado, debiéndose recomendar a los agricultores que aprovechen el suelo en forma racional. En general estas tierras debido al mal manejo producen los cultivos durante los tres primeros años, luego por su baja productividad son abandonados o lo dejan en descanso por varios años para que recupere su fertilidad natural, este proceso ha ocasionado que grandes extensiones de tierra de vocación forestal o de protección estén siendo utilizadas por una producción agrícola de subsistencia.

Una de las alternativas para un mejor manejo de los suelos de la microcuenca Picuroyacu, es que se utilicen de acuerdo con su adecuado uso. Para ello el sistema de clasificación por factores limitantes (FCC), puede utilizarse como una herramienta para lograr este fin. Este sistema obliga a estudiar las características físicas, químicas más sobresalientes del suelo con la adaptabilidad del cultivo en las mismas condiciones. El sistema de clasificación FCC, es más adecuado que los sistemas multifacéticos.

La necesidad del manejo de los suelos de acuerdo con su adecuado uso es necesario dentro de los diferentes programas agrícolas, pecuarios y forestales, estos tipos de estudios sirven para dar pautas para la planificación y mejor aprovechamiento de los recursos existentes. Este sistema, aunque es bastante cualitativo en la práctica, satisface una necesidad definida, basándose en diversos criterios de pendiente, profundidad del suelo, textura y propiedades químicas adversas, identifica las principales limitaciones para el establecimiento de un cultivo o de la adaptabilidad al tipo de suelo. Debido a la escasa información respecto a la presente investigación se plantea la siguiente interrogante ¿De qué manera los factores limitantes de fertilidad de suelos por unidades fisiográficas influirán en los cultivos y el uso adecuado del suelo en la microcuenca Picuroyacu? Teniendo como hipótesis: Los factores limitantes de fertilidad de los suelos por unidades fisiográficas influyen en los cultivos y en el uso adecuado de los suelos en la microcuenca Picuroyacu. En base a lo mencionado se plantea los siguientes objetivos:

1.1. Objetivo general

Determinar los factores limitantes de fertilidad de los suelos por unidades fisiográficas en la microcuenca Picuroyacu - distrito Castillo Grande.

1.2. Objetivos específicos

Determinar las propiedades físicas y químicas de los suelos como factores limitantes de fertilidad por unidades fisiográficas en la microcuenca Picuroyacu.

- Realizar la clasificación de acuerdo con los factores limitantes de fertilidad de suelos, adaptabilidad de los distintos cultivos por unidades fisiográficas en la microcuenca Picuroyacu.
- Representar cartográficamente las áreas de acuerdo con los factores limitantes de fertilidad de los suelos por unidades fisiográficas en la microcuenca Picuroyacu.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Suelo

JARAMILLO (2003) manifiesta que el suelo constituye un sistema complejo que consiste en proporciones variables de cuatro componentes; son estos: el mineral o partículas de roca y la materia orgánica muerta que constituye la matriz sólida, y la disolución del suelo y el aire que ocupan el espacio poroso dentro de esa matriz. Para MINAG (2011) es un sistema dinámico y complejo en el que ocurren fenómenos físicos, químicos y biológicos de intensidad variable, se extiende como un manto continuo sobre la superficie de la corteza terrestre.

2.2. Propiedades físicas del suelo

Existe una variedad de indicadores físicos de la calidad del suelo, éstos varían de acuerdo con las características predominantes del lugar en estudio. CHEN (2000) recomienda como indicadores la textura, profundidad, tasa de infiltración de agua del suelo, densidad aparente, y capacidad de retención de agua. DORAN y LINCOLN (1999) recomiendan como indicadores la textura, estructura, densidad aparente, espesor del horizonte superior, estabilidad de agregados, temperatura e infiltración.

2.2.1. Textura del suelo

Es la distribución de fracciones de arena, limo y arcilla contenidas en el suelo; excluye a partículas minerales más grandes que la arena (2 mm de diámetro), las cuales son consideradas como modificadores texturales recibiendo las siguientes denominaciones: grava (0.2 – 2 cm), gravilla (2 – 5 cm), guijarros (15 – 25 cm), rodador (25 – 50 cm) y los bloque (+ 50 cm); son considerados dentro de este grupo a los agregados estables por efecto de materia orgánica (ZVALETA, 1992). Mientras que SANCHEZ (2007) se refiere la proporción de arena, limo y arcilla expresados en porcentaje. En la fracción mineral del suelo, son de interés edafológico solamente las partículas menores de 2 mm de diámetro.

2.2.2. Clase textural

Las clases texturales se basan en las diferentes combinaciones de arena limo y arcilla, por consiguiente, estas combinaciones son casi infinitas. No obstante, se han fijado solo doce clases texturales básicas; que se enumeran en orden de incremento de la fracción fina; y en relación al suelo se denominan: (ZVALETA, 1992).

Cuadro 1. Agrupamiento general de las clases texturales

Grupo textural	Denominación empírica	Clases Texturales
Arenoso	Ligero	Arenas
		Arena Franca
Franco	Mediano	Franco Arenoso
		Franco
		Franco Limoso
	Pesado	Limoso
		Franco Arcilloso

		Franco Arcillo Arenoso
		Franco Arcillo Limoso
Arcilloso	Muy pesado	Arcillo-Arenoso
		Arcillo-Limoso
		Arcilloso

Fuente: Laboratorio de suelos de la UNAS

2.2.3. Densidad aparente del suelo

La densidad aparente depende del grado de soltura o porosidad del suelo, es un valor más variable que depende además de la textura, el contenido de materia orgánica y la estructura (SÁNCHEZ, 2007). La densidad aparente es definida como la relación entre la masa del suelo secado en horno y el volumen global, que incluye el volumen de las partículas y el espacio poroso entre las partículas. Las densidades de las partículas minerales se encuentran en los suelos arenosos, arcillosos entre <1.0 a >1.7 g/cm³; en suelos franco-arcillosos de 1.0 a 1.5 g/cm³ y en suelos francos de 1.5 a 1.7 g/cm³ (USDA, 1999).

La densidad aparente es una propiedad dinámica que varía con la condición estructural del suelo. Esta condición puede ser alterada por cultivación; pisoteo de animales; maquinaria agrícola; y el clima, por ejemplo, por impacto de gotas de lluvia (Arskead *et al.*, 1996; citado por USDA, 1999). Los estratos compactados del suelo tienen altas densidades aparentes y restringen el crecimiento de las raíces, e inhiben el movimiento del aire y el agua a través del suelo. La densidad aparente del suelo puede servir como un indicador de la compactación y de las restricciones al crecimiento de las raíces. Típicas densidades aparentes del suelo fluctúan entre 1.0 y 1.7 g/cm³ y generalmente aumentan con la profundidad en el perfil (ACEBEDO *et al.*, 2005). En suelos que

contienen altas proporciones de arcillas expandibles las densidades aparentes varían con el contenido del agua, el cual debería ser medido al momento del muestreo.

La densidad del suelo está relacionada con la textura, los suelos arenosos obtienen mayores valores frecuentemente entre 1.35 a 1.85 kg/dm³ (AREVALO *et al.*, 2002). LOK (2005) indica que los sistemas agroforestales tienen mayor potencial en recuperar la densidad de suelo en relación de los cultivos de café a pleno sol. DE AGUIAR (2008) encontró que los valores de densidad parecen explicar mejor al efecto de manejo de suelo, que representa un indicador mejor de calidad de suelo, evidenciando así también el efecto sobre la estructura.

2.2.4. Resistencia de suelo a la penetración

FERRERAS *et al.*, (2007) concluyó que los suelos evidenciaron pérdida de carbono orgánico y estabilidad estructural aumentaron la susceptibilidad a la compactación de suelos, y aquellos suelos que presentaron mejor característica de estructuración y menor resistencia a la penetración, pueden presentar un mejor comportamiento frente a factores que inciden en la degradación. Los suelos con inestabilidad estructural de agregados fueron suelos compactados, USDA (1999) con un incremento de la densidad aparente, la resistencia mecánica tiende a aumentar y la porosidad del suelo tiende a disminuir, estos cambios limitan el crecimiento de las raíces a valores críticos.

2.2.5. Granulometría

DE AGUIAR (2008) menciona que la textura arcillosa permite una verdadera estructuración del suelo, igual que los efectos de uso y manejo.

2.3. Propiedades químicas del suelo

La composición química del suelo incluye la medida de la reacción de un suelo (pH) y de sus elementos químicos (nutrientes). Su análisis es necesario para una mejor gestión de la fertilización del cultivo, elegir las plantas más adecuadas y obtener los mejores rendimientos de cosecha (CEPEDA, 1991).

2.3.1. El pH

El pH expresa la cantidad de iones (H^+) en suelos como también en solución acuosa es normalmente una fracción muy pequeña de una equivalente, por litro, se ideó la escala de pH como el logaritmo del recíproco (logaritmo negativo) de la actividad de los iones H^+ en la solución representándose este valor mediante la ecuación:

$$pH = \log. 1/ (H^+)$$

Es la medición electroquímica de la concentración efectiva de los iones H^+ y OH^- de la solución suelo, por medio de un electrodo, inmerso en la suspensión suelo/agua (AREVALO y SANCO, 2002). A $pH = 7$ la concentración de iones de H^+ es igual a la concentración efectiva de los iones OH^- ; un cambio de pH indica cambio en la concentración de iones H^+ y OH^- . Un pH menor que 7 indica que

la concentración es ácida y es alcalina si el pH de la solución es mayor que 7 (CEPEDA, 1991 y ZAVALA, 1992).

2.3.1.1. Escala del pH

La escala de pH va desde valores 0 a 14, pero en los suelos se han encontrado valores entre 3.5 y 10, el Cuadro 2, muestra algunas inferencias generales y los valores de pH; pero el grado de acidez y alcalinidad han sido sensiblemente modificados acorde con aquellas inferencias por su significado en el manejo de los suelos (ZAVALA, 1992). EL pH óptimo para el desarrollo de las plantas esta dado entre los valores de pH de 6.5 y 7.5 pH mayores o menores a este rango traerán consigo problemas por toxicidad. Los suelos que se encuentran en la gama de pH 5.8 a 7.5 tienen más probabilidades de dar problemas que aquellos que tienen los valores altos o bajos. Los que presentan pH menores o igual a 5.0, indican que tienen deficiencia en elementos como: Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^{+} o como también pueden tener elementos que estén volviendo tóxico al suelo como: Zn^{2+} , Al^{3+} , Ni^{2+} , etc. (FASSBENDER y BORNEMISZA, 1987).

Cuadro 2. Niveles de pH del suelo

Descripción	Rango
Extremadamente ácido	Menor de 4.5
Fuertemente ácido	4.6 - 5.4
Moderadamente ácido	5.5 - 6.5
Neutro	6.6 - 7.3

Moderadamente alcalino

7.4 - 8.5

Fuertemente alcalino

Mayor de 8.5

Fuente: Laboratorio análisis de suelos de la UNAS

2.4. Materia orgánica

Los autores denominan indistintamente materia orgánica o humus a la parte orgánica que cumple un papel esencial en el suelo. No existe una definición de humus con la que todos los especialistas estén de acuerdo; pero, en general, el término humus designa a las “sustancias orgánicas variadas, de color pardo y negruzco, que resultan de la descomposición de materias orgánicas de origen exclusivamente vegetal”. Contiene aproximadamente un 5 de nitrógeno, por lo que su valor en el suelo se puede calcular multiplicando por 20 su contenido en nitrógeno total (NAVARRO, 2003).

2.4.1. Niveles de materia orgánica

Se ha demostrado que el contenido de materia orgánica es muy variado. Por consiguiente, el mismo valor numérico tendría significado a nivel regional. Así, mientras en un valle aluvial de la costa un 2 es alto este mismo valor en la sierra sería bajo y en la amazonia baja sería este valor medio. De allí que los niveles de bajo, medio alto y muy alto deben ser juzgados a nivel regional y de acuerdo con las necesidades de un cultivo determinado.

Cuadro 3. Niveles de materia orgánica

Nivel	Contenido (%)
Bajo o pobre	menos de 2

Medio	2 – 4
Alto	mayor de 4

Fuente: SOIL SURVEY STAFF (1993)

2.5. Nitrógeno total en el suelo

La fuente principal de N es la atmósfera, donde es el gas predominante. Este N atmosférico se hace disponible para las plantas a través del proceso de fijación biológica efectuada por ciertos microorganismos. La mayor parte del N del suelo se encuentra formando compuestos orgánicos quedando disponible para las plantas través del proceso de mineralización. Las reservas de N en el suelo están constituidas por materia orgánica de descomposición rápida, compuestos húmicos de mineralización más lenta y una pequeña fracción se encuentra en combinaciones inorgánicas como NH_4^+ y NO_3^- (SÁNCHEZ, 2007).

Cuadro 4. Rangos interpretativos para el nitrógeno total.

Nivel	Nitrógeno (%)
Muy Bajo	< 0.05
Bajo	0.05 – 0.10
Medio	0.10 – 0.15
Alto	0.15 – 0.25
Muy alto	≥ 0.25

Fuente: SANCHEZ (2007).

2.6. El fósforo en el suelo

El fósforo, luego del nitrógeno, es el macronutriente que en mayor medida limita el rendimiento de los cultivos. Interviene en numerosos procesos

bioquímicos a nivel celular y se lo considera un nutriente esencial para las plantas. La única entrada al sistema proviene del agregado de fertilizantes fosfatados, mientras que las salidas pueden dar por extracción en los granos cosechados, erosión, escurrimiento y lixiviación (de escasa importancia) (NAVARRO, 2003).

Cuadro 5. Niveles de contenido de fósforo (Método de Olsen).

Nivel	Fósforo (ppm)
Bajo	< 5.5
Medio	5.5 – 11
Alto	≥ 11

Fuente: SOIL SURVEY STAFF (1993).

2.7. El potasio en el suelo

Es un elemento nutritivo esencial para todos los organismos vivos. Los vegetales necesitan cantidades elevadas de este nutriente siendo semejantes al requerimiento de nitrógeno. El K cumple un rol importante en la activación de un gran número de enzimas (conociéndose más de 60 activadas por este catión), que actúan en diversos procesos metabólicas tales como fotosíntesis, síntesis de proteínas y carbohidratos; también tiene incidencia en el balance de agua y en el crecimiento Meristemático. Al participar de estos procesos metabólicos el K actúa favoreciendo el crecimiento vegetativo, la fructificación, la maduración y la calidad de los frutos (NAVARRO, 2003).

Cuadro 6. Niveles de contenido de potasio.

Nivel	Potasio Kg/ha
Muy Bajo	menos de 300
Medio	300 – 600
Alto	más de 600

Fuente: SOIL SURVEY STAFF (1993).

2.8. Capacidad de intercambio catiónico CIC

La capacidad de intercambio catiónico es una de las características más importantes de un suelo, ya que ésta es la capacidad del suelo de retener cationes cargados positivamente (cationes) y se debe a que el suelo (complejo coloidal) presenta cargas negativas. Existe una correlación entre la textura y la capacidad de cambio, aumentando ésta para los suelos de textura fina y disminuyendo para suelos de textura gruesa, ya que las arenas son pobres en arcilla coloidal y casi siempre deficientes como también en humus (FASSBENDER, 1987)

Cuadro 7. Niveles de la capacidad de intercambio catiónico (pH > 5.5)

Nivel	CIC (meq/100 g de suelo)
Bajo	menos de 12
Medio	12 – 20
Alto	mayor de 20

Fuente: SOIL SURVEY STAFF (1993)

Cuadro 8. Niveles de la capacidad de intercambio catiónico (pH < 5.5)

Nivel	CIC (meq/100 g de suelo)
Bajo	menor de 4
Medio	10 – 20
Alto	mayor de 30

Fuente: SOIL SURVEY STAFF (1993)

2.9. Estudio del suelo

Es el proceso orientado al conocimiento del suelo, esto implica colección de información del suelo con dos principales objetivos: uno es mostrar la distribución espacial de los suelos sobre un mapa; y dos es proveer información acerca de los suelos en el área mapeada, tecnificando la planificación del uso de la tierra. En el Perú no existe una metodología propia, se ha adaptado los lineamientos del manual de levantamiento de suelos del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos y la Metodología de la FAO (CEPEDA, 1991).

2.10. El sistema de clasificación de suelos por su fertilidad y capacidad (FCC)

El sistema FCC agrupa suelos con características fisicoquímicos específicos similares relacionados con la fertilidad. Con el FCC, se emplea el término fertilidad en el sentido de la adaptabilidad de suelo para la producción y manejo de cultivos. El sistema identifica características de suelo que limitan la producción de cultivos y manejo (MONTEITH, 1994). El usuario debe aplicar tecnologías similares en un grupo para corregir las limitaciones de producción.

Los grupos pueden ser empleados para aplicar tecnologías establecidas o desarrollar nuevas tecnologías que sirvan para superar estas limitaciones.

El sistema FCC no da recomendaciones específicas para programa de aplicaciones de fertilizantes, sino describe problemas generales ya conocidos como las limitaciones de producción de cultivos; el sistema supone que se emplea insumos normales como fertilizantes y materiales encalantes.

Las limitaciones indicadas por el FCC significan la necesidad de insumos y manejo en adición a los insumos y manejo normales. Las clases del sistema FCC son indicadores directos de problemas de manejo de fertilidad este sistema da interpretaciones de las características (URIBE, 1987).

2.11. Unidades de clasificación del sistema FCC

Las unidades de clasificación del sistema FCC incluyen símbolos de tipos de suelos y modificadores. Un ejemplo de una unidad de clasificación es “Lak” en que “L” es el tipo y “a” y “k” son modificadores.

2.11.1. Tipos

Símbolos para tipos que identifican la textura de la capa superficial y la capa subsuperficial. Los tipos superficiales representan la textura de los 20 cm superiores del suelo. Los tipos subsuperficiales representan la textura de 20 a 50 cm.

Cuadro 9. Criterios en FCC de tipos superficiales y subsuperficiales

Tipo	Criterio
S (arenoso)	texturas arenas y arenas francas.
L (franco)	textura con menos de 35% de arcilla, excepto arenas y arenas francas
C (arcilloso)	suelos con texturas con 35% o más de arcilla
R (roca)	roca solida

Fuente: MONTEITH, (1995)

Si los tipos superficiales y subsuperficiales son iguales, solo un símbolo es empleado. Si hay una diferencia entre los tipos texturales de las capas, se emplean los dos símbolos (MONTEITH *et al.*, 1995).

2.11.1.1. Tipo textural franco “L”

Este tipo textural tiene las menores limitaciones para los cultivos. Texturas dentro del tipo “L” son favorables para el drenaje y permeabilidad, donde existe saturación con agua de suelos de tipo “L” es usualmente por alta napa freática o inundación en vez de permeabilidad lenta, estas texturas son fáciles de cultivar, sembrar, las plantas brotan y las raíces crecen fácilmente, el contenido de arcilla es suficiente para producir una CICe la cual puede absorber cationes contra la lixiviación, las tipos “L” tienen la capacidad más alta que otros tipos texturales para almacenar agua disponible para las plantas, sin embargo, este tipo es más fácil de compactar por tráfico humano o equipos de cultivo. Por lo tanto, las prácticas de manejo deben ser empleadas, las cuales reducen la compactación como limitar tráfico de personas, animales y equipos, y mantener cultivos de cobertura (URIBE, 1987).

2.11.1.2. Tipo textural arenoso “S”

Estos tipos son limitados para la producción de cultivos principalmente por su CICe baja y bajo contenido de nutrientes. Su permeabilidad es rápida y el agua se mueve por el suelo rápidamente. Por lo tanto, la permeabilidad también permite la lixiviación rápida de nutrientes de las plantas. Hay una pérdida rápida de nutrientes después de la quema del bosque y de los nutrientes aplicados por fertilizantes.

La capacidad de almacenar agua disponible para las plantas es baja en tipos “S”, pero esto es un problema solamente en temporadas secas, las prácticas de manejo para suelos arenosos incluyen aumentos de materia orgánica para así aumentar la CICe y la capacidad de almacenar agua. Debe seleccionar cultivos adaptados a condiciones secas y alta acidez (JARAMILLO, 2003).

2.11.1.3. Tipo textural arcilloso “C”

VARGAS (2009) las propiedades físicas de suelos arcillosos dan problemas de manejo. La permeabilidad es frecuentemente lenta, los suelos a menudo son saturados por agua y tienen colores de gris, los que indican épocas de saturación. Sin embargo, los suelos arcillosos en posiciones altas con buena estructura son bien drenados. La CICe de suelos arcillosos es usualmente más alta que los suelos con menos arcilla, por lo tanto, la pérdida de nutrientes es más lenta, pero cantidades más elevadas de materiales encalantes y fertilizantes son necesarios para cambiar el pH o saturación de bases en estos suelos.

El usuario del suelo debe seleccionar sitios bien drenados con buena estructura y cultivos adaptados a condiciones de humedad y acidez en suelos arcillosos.

2.11.2. Indicadores de fragmentos gruesos

Cualquiera de los tipos descritos puede ser modificados por el uso de uno o más apostrofes ('). Los apostrofes son empleados para indicar la presencia de fragmentos de roca dura.

Cuadro 10. Criterios en FCC para la identificación de las clases de fragmentos gruesos

Símbolo (n° de apostrofes)	Volumen de fragmentos	Tamaño de fragmentos
' (1)	15 a 35%	2 mm a 25 cm
'' (2)	más de 35%	2 mm a 25 cm
''' (3)	más de 15%	más de 25 cm

Fuente: MONTEITH, (1995)

2.11.3. Modificadores

Los símbolos para modificadores identifican las limitaciones de manejo y fertilidad. Los modificadores representan condiciones dentro los primeros 50 cm del suelo. Son indicados con letras minúsculas. Un suelo puede tener más de un modificador (CIDRE, 1989).

Cuadro 11. Criterios en FCC de los modificadores texturales

Modificador	Criterio
a	Saturación de aluminio > 60% en cualquier capa dentro los 50 cm de la superficie del suelo
h	Saturación de aluminio 10 - 60% en cualquier capa dentro los 50 cm de la superficie del suelo
g ⁻	Poco o ningún moteado de gris (croma de munsell < = 2) dentro de los 25 cm y no existe una matriz gris dentro de los 50 cm de la superficie del suelo.
g	Moteados comunes de gris dentro los 25 cm y/o matriz gris dentro los 50 cm de la superficie. Pero la matriz de gris no alcanza la superficie como en g ⁺ .
g ⁺	Todos los horizontes dentro de los 50 cm tienen una matriz gris
K	Valores bajos de K intercambiable en cualquiera de los primeros 50 cm definidos por: tipos francos (L): <24 meq/100g suelo, excepto tipos L con modificadores g, g ⁻ , g ⁺ : <14 meq/100g suelo, tipos arenosos (S): <14 meq/100g suelo, tipos arcillosos (C) : <34 meq/100g suelo.
k ⁺	Menos del 10% mineral meteorizado además de los criterios de K mencionados previamente.
e	Capacidad de intercambio de cationes efectivo (CICe) <4 meq/100g suelo
#	Suelos con compactación debido al tráfico de animales en los primeros 15 cm del suelo

Fuente: CIDRE (1989).

2.11.3.1. Pendiente

Las zonas con pendientes significativas serán indicadas entre paréntesis después de la clasificación. La pendiente se indica en porcentajes que significan en unidades de cambio de altura por unidades de cambio de distancia horizontal, por ejemplo, una pendiente de 20% sube (o cae) 20 metros por cada 100 metros de distancia horizontal. La mayoría de la tierra incluida en los mapas FCC, las pendientes son ligeras (menos de 20%) y la pendiente no está indicada en los símbolos de la clasificación FCC (MONTEITH, 1994).

Cuadro 12. Descripción de grados de pendiente (%)

Color	Rango	Descripción
	0 - 5	Plana o casi Nivel
	5 - 12	Ligeramente Inclineda
	12 - 30	Moderadamente inclinada
	30 - 45	Fuertemente Inclineda
	> 45	Extremadamente Empinada

2.12. Significación de elementos de la clasificación de FCC e interpretación para manejo de suelos

2.12.1. Capacidad de intercambio catiónico (CIC) del suelo (modificador e)

La capacidad de intercambio catiónico (CIC) de los suelos está definido como una de las propiedades más importantes del suelo con respecto al crecimiento de las plantas, y significa directamente la capacidad del suelo para poder absorber y almacenar iones de carga positiva (cationes). Los cationes adsorbidos son relativamente resistentes a la lixiviación (lavado por agua capas

más profundas), pero estos cationes son disponibles a ser empleados por las raíces de las plantas (FASBENDER, 1987).

URIBE (1987) menciona que el modificador “e” está directamente relacionado principalmente con los suelos de textura arenosa, ubicados en áreas cercanas a los ríos, los cuales son altamente meteorizados y han sufrido un lavado de sus bases cambiabiles por el buen drenaje interno (Ca, Mg, y K son lixiviados). Suelos que tienen bajos porcentajes de materia orgánica, debido al manejo también presentan el modificador “e” o están cercanos a obtener una CICE menor a 4 cmol/k. la materia orgánica es el mayor aportador de cargas negativas en el suelo (adsorción de cationes), las arcillas y la materia orgánica tienen cargas variables dependientes de pH del suelo, por lo que es necesario incrementar el pH para incrementar la CICE. Debido a los regímenes de temperatura y humedad del área de estudio la descomposición de la materia orgánica es mayor y más rápida que en zonas frías, perdiéndose de suelos donde no existe un reciclaje de material vegetal.

2.12.2. Acidez del suelo (modificadores “a” y “h”)

CIDRE (1989) hace referencia que el intento del FCC es separar suelos que tienen 1). Niveles bajos de acidez que el crecimiento de los cultivos no es afectado, 2). Niveles moderados de acidez que retarda el crecimiento de los cultivos, y 3). Tiene un nivel alto de acidez que retarda el crecimiento de las plantas cultivadas. El interés del FCC es proveer información referente a propiedades de suelo que se está manejando, está planteado para identificar si los suelos requieren cal o si el cultivo es sensible a la acidez o aquellos que

generalmente no requieren cal a menos que haga uso extensivo de fertilizantes acidificantes (sulfato de amonio, urea, fosfato de amonio).

2.12.3. Suelos con problemas de drenaje (modificador “g”)

El modificador “g-“ indica condiciones de saturación por un tiempo muy corto que no llegan a las capas superficiales.

La letra “g” representa el proceso de gleyzación donde el hierro en el suelo es reducido durante las condiciones de saturación de agua. La saturación produce condiciones anaeróbicas que causan reducción del hierro y el hierro reducido da al suelo el color gris. Las condiciones anaeróbicas también pueden dañar o matar las raíces. La severidad del daño depende de la tolerancia, duración de saturación y condiciones anaeróbicas. Algunos cultivos como el arroz son muy tolerantes a condiciones anaeróbicas, el modificador “g” indica saturación por largo plazo en las capas profundas y saturación intermitente en las capas superiores.

El modificador “g+” indica saturación por largo plazo en todas las capas hasta la superficie (ONERN, 1984).

2.12.4. Capacidad del suelo para abastecer potasio (modificador k)

El modificador “k” indica suelos que necesitan fertilizantes de potasio para abastecer la mayoría de los requerimientos de los cultivos, en comparación a suelos que abastecen de una cantidad sustancial de potasio de manera sostenible a través de la meteorización de los minerales ricos en potasio. Según

la definición, hay dos criterios alternativos para determinar si un suelo debe tener el modificador “k”. Una en base a los miliequivalentes de K intercambiable y otro en base al contenido de minerales meteorizables (ETCHEVEHERE, 1998).

2.12.5. Compactación de suelo debido al tráfico de animales (modificador “#”)

El modificador “#”, será utilizado en el presente trabajo de clasificación para identificar suelos que han sufrido una compactación debido al tráfico de animales. Debido a este estado es reversible y el suelo puede recobrar sus características iniciales siempre que el ganado sea retirado y se deje desarrollar el pastizal (VARGAS, 2009).

2.13. Fertilidad del suelo

La fertilidad del suelo es una cualidad resultante de la interacción entre las características físicas, químicas y biológicas del mismo que consiste en la capacidad de poder suministrar condiciones necesarias para el crecimiento y desarrollo de las plantas.

En tal sentido, la definición involucra a las características físicas del suelo tales como la textura, estructura, composición, profundidad y otras dependientes de estas como densidad, capacidad retentiva de humedad, aireación, porosidad, color, grado de erosión (MINAG, 2011).

2.14. Anegamiento del suelo

El exceso de agua satura los poros de aire presentes en el perfil (que incluye en algunos casos una muy delgada capa de agua sobre la superficie del suelo), inhibiendo así el intercambio de gases entre las raíces y la atmósfera, es decir la respiración de las raíces. Es por eso que, el anegamiento afecta a las plantas por la deficiencia de oxígeno y no por el exceso de agua.

La falta de oxígeno generada por el anegamiento induce a una serie de cambios en las plantas que, dependiendo de la capacidad de estas para adaptarse a estas condiciones, serán más o menos severos (MINAG, 2011).

2.15. Erosión del suelo

Desprendimiento y arrastre (lavado) del suelo de un lugar a otro causado por la lluvia, el viento, o por, malas prácticas que realiza el hombre en su chacra. Por estas pérdidas disminuye poco o poco la profundidad del suelo y hace que pierda su fertilidad. Esta pérdida del suelo es para siempre.

En muchos casos el efecto del agua o del viento es agravado por algunas malas prácticas agrícolas (p. e.: quemas, sobrepastoreo, labranza excesiva, surcos en dirección de la máxima pendiente) que el hombre aplica al suelo. En este caso la erosión se conoce como erosión antrópica (MINAG, 2011).

2.16. Drenaje del suelo

Se le llama drenaje interno a la capacidad de permeabilizar las aguas excesivas. Cuando es muy baja la capacidad permeable, su movimiento

descendente es muy lento o impedido, se dice que su drenaje interno es deficiente.

2.17. Antecedentes de otras investigaciones

De acuerdo con estudios realizados anteriormente MONTEITH, *et al.* (1995) con las observaciones de campo efectuadas, los suelos de la región Cochabamba (Bolivia) son de una calidad muy pobre para la agricultura. Esta pobre calidad se manifiesta en la generalidad de los suelos por su alta extrema acidez (modificador "a"), alta toxicidad de aluminio. Producto de minerales Al-silicatados, bajo contenido de nutrientes, especialmente nitrógeno, fósforo, calcio y magnesio. Acompañado a esta condición química de los suelos, se encuentran limitaciones físicas principalmente debidas a un drenaje deficiente modificador "g") que ocasionan problemas de óxido reducción.

Los suelos de la llanura de pie de monte y llanura aluvial son poco desarrollados. En condiciones naturales o sin ninguna alteración, cuentan con una capa superficial orgánica, de color pardo oscuro, con textura franca ("L") o medias; por la posición geográfica que ocupan y la excesiva precipitación pluvial son suelos lixiviados, con porcentajes bajos de saturación de bases, baja capacidad de intercambio catiónico y pH ácidos con contenidos altos de aluminio. Por estas condiciones son considerados de baja fertilidad, no descartando que existen extensiones limitadas de suelos con fertilidad media a alta, por las condiciones de influencia de los ríos (URIBE, 1987).

Los suelos de la llanura aluvial subreciente y reciente en general, son suelos profundos, limitados por la presencia de una capa freática fluctuante,

con problemas de mal drenaje (modificador “g”), con procesos de óxido reducción que se deducen de la presencia de un moteo rojizo y plomo intenso en las capas superficiales y subsuperficiales, las texturas varían de franco arcilloso a franco arenosa, los pH tienen valores de 5.5 hasta 7.7 indicador de un incremento de la fertilidad natural (BUCKMAN, 1985).

En ausencia de un sistema técnico de clasificación para la fertilidad del suelo, se hacen muchas interpretaciones empíricas, en África después de los reconocimientos de suelo, las interpretaciones de la capacidad de las unidades del mapa se basan en la experiencia personal y en las observaciones del comportamiento general del cultivo sin fertilización (OLSEN, 1982). En algunos casos las observaciones sobre el crecimiento de las plantas se cuantifican ya sea muestreando en los campos de los agricultores o por medio de experimentos de campo.

Un procedimiento más cuantitativo ha sido desarrollado por SHENG (1981) como sistema de capacidad de la tierra para la interpretación de reconocimientos de suelos de Brasil. se desarrollaron clases de capacidad “buena”, “regular”, “restringida”, y ninguna para seis sistemas de manejo que van desde el más primitivo al más refinado, de acuerdo con cinco factores limitantes, fertilidad natural del suelo, deficiencia de agua, exceso de agua, erosión y limitaciones para mecanización, se da información sobre la extensión de las limitaciones y las posibilidades de su mejoramiento, por ejemplo la baja fertilidad del suelo restringirá severamente el crecimiento en un sistema tradicional de manejo sin fertilización, mientras que no limitara un sistema de manejo más

intensivo con abundante fertilización, las cuatro clases de limitación de la fertilidad natural del suelo incluye en sus definiciones algunos límites cualitativos.

Un sistema técnico de clasificación para agrupar suelos de acuerdo con limitaciones de fertilidad ha sido propuesto por BOUL *et al.*, (1980) este sistema de fertilidad – capacidad de clasificación de suelos es el primero en agrupar suelos con limitaciones similares de fertilidad, usando límites cuantitativos.

Los suelos se agrupan al alto nivel de categoría de acuerdo con la textura de la capa arable y del subsuelo. Se definen 13 modificadores para delimitar parámetros relativos a fertilidad, estos incluyen identificación de drenaje deficiente (que es bueno para arroz) estación seca marcada, CIC baja, niveles altos y medios de saturación de aluminio, problemas de fijación de fósforo, deficiencia de potasio, y problemas de suelos calcáreos, incluyendo salinidad y alcalinidad. La aplicación inicial de este sistema pone de manifiesto que algunas de las agrupaciones tienen diferentes patrones de respuesta a los fertilizantes. Los parámetros cuantitativos actúan como niveles críticos, siguiendo nuevamente el concepto de LEIBIG cuando las agrupaciones de fertilidad – capacidad se usaron conjuntamente con niveles críticos de análisis de suelo, el provecho de las recomendaciones sobre fertilizantes para papas en la sierra de Perú (NORT CAROLINA STATE UNIVERSITY, 1973) aunque algunos de los parámetros necesitan refinamiento adicional, este procedimiento parece útil como manera de agrupar suelos con limitaciones similares con propósitos de evolución de fertilidad (SÁNCHEZ, 1995).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

La investigación se realizó en la microcuenca Picuroyacu que comprende los centros poblados de Castillo Grande y Laureles, y como punto primordial el caserío de Picuroyacu (bajo, medio y alto), abarcando un área aproximado de 2,220.70 ha y un perímetro de 29650.24 m, presenta las coordenadas UTM 384009 E, 8977728 N, 386734 E, 8972803 N 389176 E, 8976309 y una altitud de 600 m.s.n.m. en la desembocadura.

3.1.1. Ubicación política

Políticamente la investigación se encuentra ubicada en el departamento de Huánuco, provincia de Leoncio Prado, distrito Castillo Grande.

3.1.2. Ubicación geográfica

Geográficamente se ubica entre los paralelos: 9°18'15'' a 9°14'15'' de Latitud Sur y 76°3'20'' a 76°1'17'' de Longitud Oeste, del Meridiano de Greenwich.

3.2. Descripción del área de estudio

3.2.1. Fisiografía

De manera general la microcuenca de Picuroyacu está conformado por una fisiografía de terraza baja (inundable y no inundable), terraza alta (plana y ondulada), colina baja (ligera, moderada y fuertemente disectada), colina alta (ligera, moderada y fuertemente disectada), lomada y montaña baja, que forman parte de la cordillera oriental y con una topografía irregular en toda el área de estudio (Cuadro 13).

Cuadro 13. Unidades fisiográficas presentes microcuenca Picuroyacu

Código	Descripción	Área (ha)	Porcentaje %
Tb1	Terraza baja inundable	545.92	24.58
Tb2	Terraza baja no inundable	40.68	1.83
Ta2	Terraza alta ondulada	120.87	5.44
Ta1	Terraza alta plana	118.58	5.34
CbD3	Colina Baja fuertemente disectada	87.55	3.94
CbD1	Colina Baja ligeramente disectada	26.77	1.21
CbD2	Colina Baja moderadamente disectada	105.31	4.74
CaD3	Colina alta fuertemente disectada	102.01	4.59
CaD1	Colina alta ligeramente disectada	22.34	1.01
CaD2	Colina alta moderadamente disectada	137.87	6.21
Lo	Lomas	53.24	2.40
Mb	Montaña baja	859.56	38.71
Total		2220.70	100

3.2.2. Clima

Predomina el clima que varía de cálido a húmedo con una precipitación promedio de 3,019 mm/año con periodo de máxima precipitación entre los meses de noviembre a marzo y mínima entre los meses de junio a agosto (Cuadro 14). La temperatura promedio anual de 25 °C, y una humedad relativa 82% (Estación Meteorológica José Abelardo Quiñones, 1940).

3.2.3. Ecología

De acuerdo con la clasificación de zonas de vida o formaciones vegetales del mundo y el diagrama bioclimático de HOLDRIGE (1986), la zona de estudio se encuentra dentro de la zona ecológica: Bosque muy Húmedo – Premontano tropical (bmh. PT).

Cuadro 14. Precipitación mensual acumulado del año 2016

Mes	I	i ²	PP semanal	PP
Enero	1	1	47.55	475.50
Febrero	2	4	40.67	406.70
Marzo	3	9	37.33	373.30
Abril	4	16	15.11	151.10
Mayo	5	25	21.52	215.20
Junio	6	36	17.27	172.70
Julio	7	49	10.47	104.70
Agosto	8	64	7.77	77.70
Septiembre	9	81	11.58	115.80
Octubre	10	100	16.51	165.10
Noviembre	11	121	34.03	340.30
Diciembre	12	144	42.60	421.60
		P =	299.41	3019.70

3.2.4. Hidrología

El río principal curso de agua lo constituye la quebrada Auri que se inicia a la altura del Proyecto Especial Alto Huallaga (PEAH) y la quebrada azul para unirse a la altura del Pueblo Joven 1° de mayo, la unión del río Picuroyacu, la misma que es tributario del río Huallaga y su desembocadura es en el recreo Aserradero en Castillo Grande.

3.2.5. Accesibilidad

La accesibilidad a la microcuenca de Picuroyacu, es vía terrestre hasta cierto tramo, Tingo María – Castillo Grande con una distancia de 250 m, desde la ciudad pasando por el Puente Corpac, del puente a unos 100 m existe una bifurcación de la carretera, por el margen derecho al centro poblado Los Laureles y por el margen izquierda al centro poblado de Castillo Grande, luego siguiendo un tramo de 1.2 km de la carretera asfaltada se dobla por la margen izquierda del Jr. Grau para pasar por el Pueblo Joven María Parado de Bellido y aproximadamente a unos 500 m se inicia el centro poblado de Picuroyacu bajo, y el centro poblado de Picuroyacu Alto se ubica en las partes altas de la cuenca, aproximadamente el trayecto es de unos 6.00 km, a través de una trocha carrozable hasta la parte media, luego se sigue a través de un camino de herradura para llegar a las partes altas de la cuenca, con una distancia aproximada de 7.85 Km

3.3. Materiales, insumos y equipos

3.3.1. Materiales cartográficos

Imagen satelital Rapid Eye del año 2013, mapa base, mapa fisiográfico descrito por (subáreas) de donde se obtuvo las muestras de suelo, Carta Nacional empalme N° 19 k elaborado por el IGN.

3.3.2. Material de campo

Wincha de 5 m, eclímetro, bolsas plásticas, lampas y picos, etiquetas para la descripción de las muestras, lapiceros, machete, cámara fotográfica, sistema de posicionamiento global (GPS).

3.3.3. Material de laboratorio

Ácido clorhídrico, peachimetro, reactivos para los análisis de suelos.

3.3.4. Equipos y material de gabinete

Planos mapa base y fisiográfico, laptop Toshiba y programa ArcGis

3.4. Tipo y nivel de investigación

3.4.1. Tipo de la investigación

Básico

3.4.2. Nivel de la investigación

El nivel fue probabilístico debido a que se aplicó un muestreo para obtener datos representativos.

3.5. Método y diseño de la investigación

3.5.1. Método de la investigación

Básico – comparativo y explicativo

Es de alcance descriptivo - comparativo, explicativo, debido a que se describió y realizó una comparación de las diferentes unidades en estudio.

3.5.2. Diseño de la investigación

El diseño empleado para la investigación fue de carácter transversal, porque los datos fueron recolectados en un solo momento, mediante el muestreo y análisis de suelos, evaluación de la compactación, densidad aparente, etc. Y siguiendo la metodología propuesta por (HERNÁNDEZ *et al.*, 2006).

3.6. Metodología

3.6.1. Determinación de las propiedades físicas de los suelos como factores limitantes por unidades fisiográficas en la microcuenca Picuroyacu

Para determinar las propiedades físicas de los suelos como factores limitantes por unidades fisiográficas en la microcuenca se realizó las siguientes actividades:

3.6.1.1. Recopilación de la información de gabinete

Se realizó el análisis del área de estudio mediante la información cartográfica física y digital disponible como imágenes satelitales (Rapid Eye) recopilada para la delimitación de la microcuenca, posteriormente se generó un mapa base que sirvió como inicio para la elaboración de los diferentes mapas temáticos, y de esta forma nos permitió tener un acercamiento de la realidad de la zona a investigar.

3.6.1.2. Elaboración del mapa fisiográfico

Se elaboró teniendo en consideración las formas del relieve existente en la naturaleza, clasificando las formas de los paisajes y la relación con aspectos de la geología, clima e hidrología. Según estudios de Walsh (2006), citado por PACHECO (2006) para lo cual se utilizó un DEM de altitud y un DEM pendiente, apoyado en el Software ArcGis específicamente con la herramienta raster calculator, luego se calculó las unidades fisiográficas (Figura 1 y Cuadro 13).

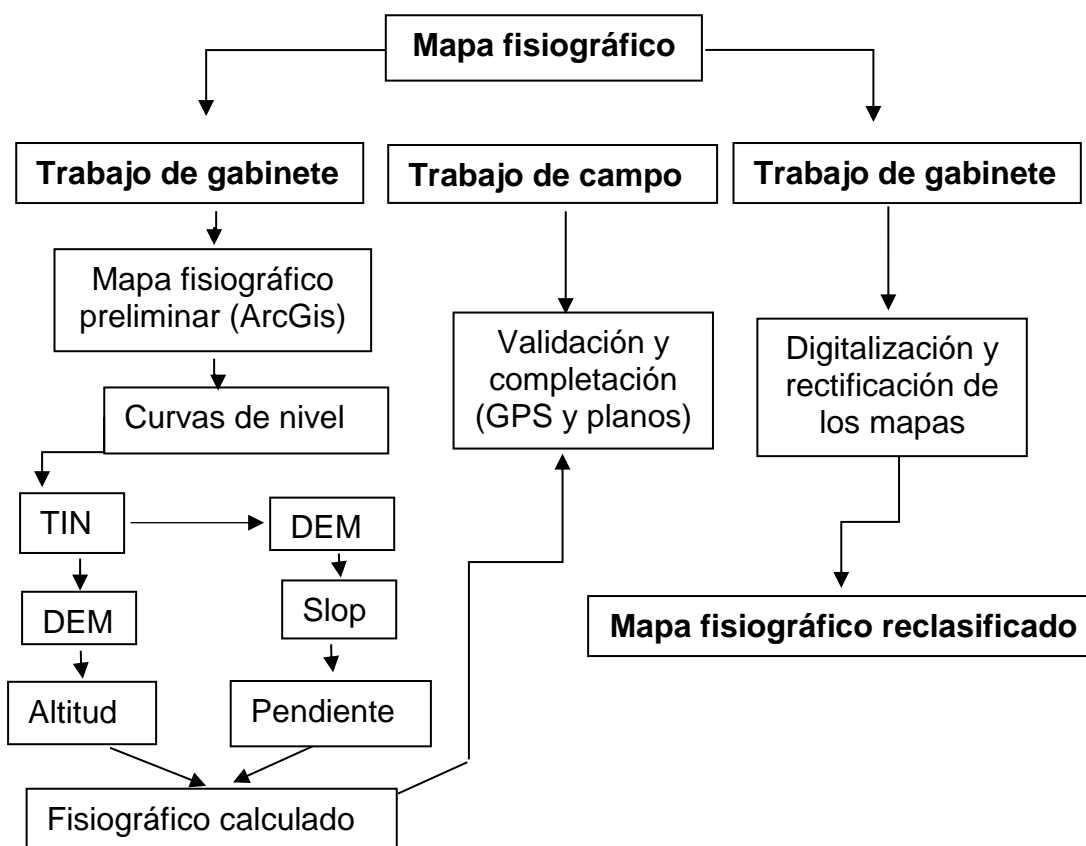


Figura 1. Diagrama metodológico del mapa fisiográfico

3.6.1.3. Identificación de la zona de estudio

Se realizó el reconocimiento de la microcuenca, previa coordinación con las autoridades de los diferentes centros poblados, así como la validación de las características de la cuenca, a través de los mapas temáticos de las partes altas, media y baja de la microcuenca Picuroyacu.

3.6.1.4. Determinación del número de calcatas

Se realizó tomando como base el mapa fisiográfico de la microcuenca Picuroyacu, se validó las unidades fisiográficas, se calculó el área, ubicación y número de calcatas que para la investigación se realizaron dos (02) por cada unidad fisiográfica.

3.6.1.5. Determinación del número de muestras

Una vez validado las unidades fisiográficas, calculado el área de la microcuencia y ubicado el número de calicatas, para la investigación se realizaron dos (02) por cada unidad fisiográfica con medidas de 1 m x 0.8 m x 1.20 m con sus respectivas lecturas e interpretación del perfil del suelo, se extrajo las muestras de suelo por cada horizonte que en promedio fueron 3 muestras de suelos, haciendo un total de 40 muestras que fueron etiquetados por número de calicata y número de horizonte, secados en un ambiente aireado y posteriormente fueron derivados al Laboratorio de Suelos de la Universidad Nacional Agraria de la Selva adscritas a la Facultad de Agronomía.

3.6.1.6. Determinación de las propiedades físicas y químicas

Fueron determinados de acuerdo con los métodos establecidos en el Cuadro 14, algunas propiedades se determinaron in situ y las otras propiedades fueron determinadas por el técnico del Laboratorio de Suelos adscrito a la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, para su respectivo análisis.

Cuadro 15. Parámetros físicos, químicos del suelo (variables).

Parámetros físicos	Método de su determinación
Drenaje	Guía Metodológica CUM
Rocosidad	Guía metodológica CUM
Textura del suelo	Método del hidrómetro de bouyoucos

Densidad aparente	Por volumen, peso húmedo y seco
Resistencia a la penetración	Método directo (penetrómetro)
Parámetros químicos	
Materia orgánica	Método de Walkley y Black
Reacción del suelo	Método del potenciómetro
Fósforo disponible	Método de Olsen
CIC	Método acetato de amonio
Potasio disponible	Método del ácido sulfúrico

3.6.1.7. Interpretación de los análisis de suelos

La interpretación de los resultados de los análisis de suelos de los parámetros físicos y químico se realizaron tomando como base la metodología propuesta por Fassbender (1975) citado por SANCHEZ *et al.*, (2005).

3.6.2. Clasificación de los suelos de acuerdo a los factores limitantes, la adaptabilidad de los distintos cultivos por unidades fisiográficas en la microcuenca Picuroyacu

Para realizar esta actividad se trabajaron de acuerdo a la información identificada en campo, como los limitantes físico – químicas, así como los Cuadros 9, 10 y 11 del sistema de fertilidad y capacidad y sus modificadores, metodología propuesta por (CIDRE, 1989 y MONTEITH 1995).

3.6.3. Representación cartográfica de los factores limitantes de fertilidad de los suelos por unidades fisiográficas en la microcuenca Picuroyacu

3.6.3.1. Elaboración del mapa clasificado de acuerdo con los factores limitantes por unidades fisiográficas en la microcuenca Picuroyacu

Los mapas temáticos clasificados fueron elaborados de acuerdo a los factores limitantes, se consideró trabajar con el Sistema Universal Transversal Mercator (UTM) y la proyección del Datum WGS 84 zonas 18 L hemisferio sur. Los resultados de los análisis físicos y químicos del suelo fueron llevados al sistema GIS, identificando en el software sus respectivas coordenadas, ubicándolas en la microcuenca Picuroyacu, se utilizó el kriging ordinario predeterminado apropiado para modelizar con precisión los datos de manera uniforme en toda el área de la microcuenca generando superficies a partir de aproximaciones geoestadísticas. Se generó mapas temáticos en formato raster, con una escala de trabajo de 1/25,000. Los criterios de interpretación fueron de acuerdo a su fertilidad (Figura 2 y 3).

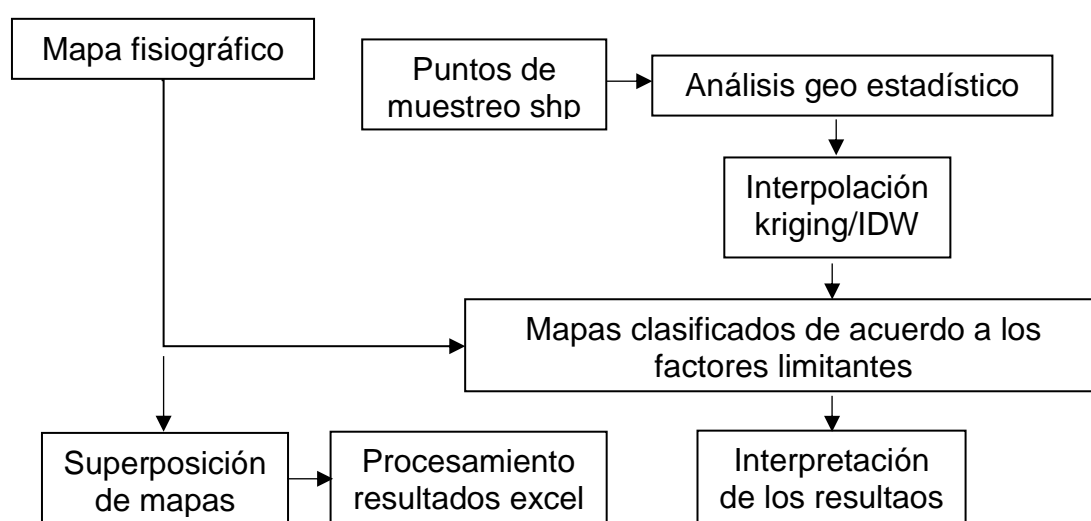


Figura 2. Diagrama metodológico para elaborar mapas clasificados de acuerdo con factores limitantes por unidades fisiográficas microcuenca Picuro yacu.

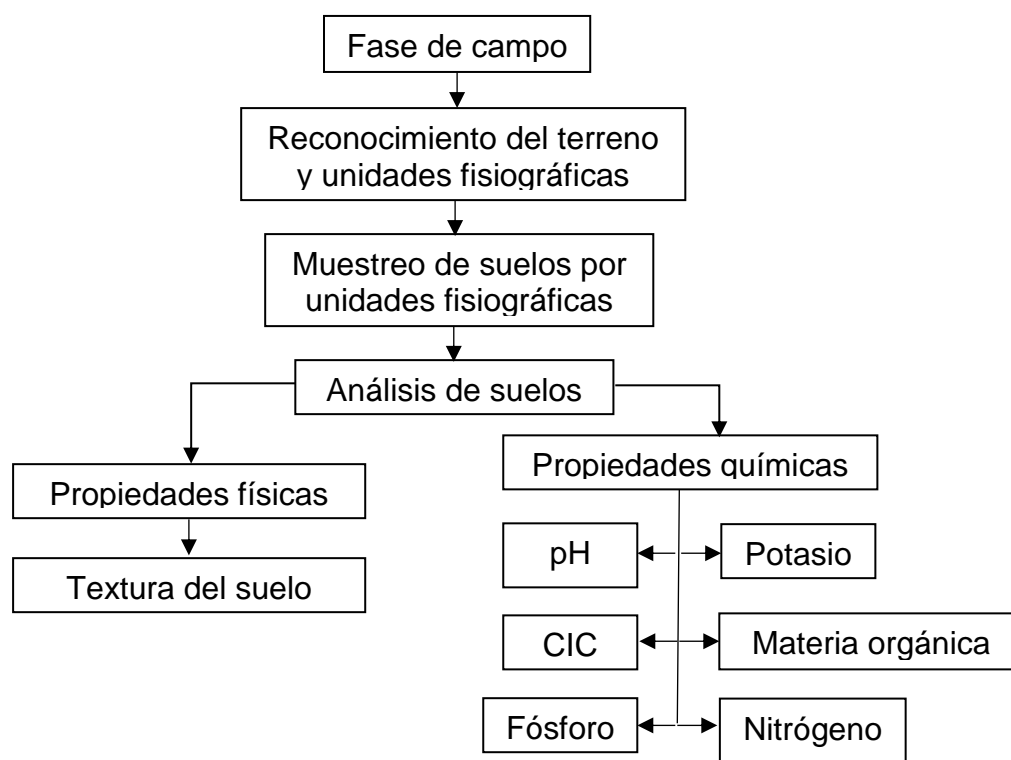


Figura 3. Diagrama metodológico del trabajo de campo para elaborar mapas clasificados de acuerdo con factores limitantes por unidades fisiográficas microcuenca Picuroyacu.

La interpretación de los resultados de los análisis de suelos se realizó tomando en consideración la escala de clasificación de suelos por su fertilidad y capacidad (FCC), basada en la metodología propuesta por (Monteith, 1995 y Cidre 1989) y Fassbender (1975) citado por SANCHEZ *et al.*, (2005); acompañando a cada uno de los resultados con sus respectivos mapas temáticos.

IV. RESULTADOS

4.1. Determinar las propiedades físicas y químicas de los suelos como factores limitantes de fertilidad por unidades fisiográficas microcuenca Picuroyacu

4.1.1. Descripción de las propiedades físicas

Las características texturales más predominantes de los distintos tipos de suelos de la microcuenca de Picuroyacu, según mapa fisiográfico; nos detalla que la Ta1, CbD2, Mb y CaD3, son de clase textural franco, presentan áreas de terrenos que fueron manejadas por alguna actividad antrópica; las áreas de CbD1, CaD1, CaD2, Tb2, Ta2 y Lo son de clase textural franco arcilloso, áreas representadas en su mayor parte por plantaciones de cacao y café, y se encuentra en constante uso de la tierra; mientras que la Tb1 es de textura franco arcillo arenoso, la Ta3 es de textura arenoso franco y por último la CbD3 presenta una textura franco arenoso. Asimismo, nos muestra que los suelos de las unidades fisiográficas Tb1, Tb2 y Ta1 presentan más del 50% de arena, CbD3 y CbD2 presentan más del 40% de limo y Ta3, CaD2, CaD3, CaD1 presentan más del 30% de arcilla en los suelos.

Del mismo modo presentan densidades de acuerdo con su clase textural que varían desde 1.60 hasta 1.39 g/cm³ respectivamente; la resistencia la penetración de raíces va desde 1.5 a 3.5 g/cm², que prácticamente van de suelos suaves a suelos moderadamente duros (Cuadro 16).

Cuadro 16. Descripción de las propiedades físicas de los suelos microcuencia Picuroyacu

Descripción	Arena %	Arcilla %	Limo %	Textura	Densidad g/cm ³	Resistencia g/cm ²
Tb1	17.68	39.04	43.30	Franco arcillo arenoso	1.50	1.23
Tb2	30.35	36.37	33.28	Franco arcilloso	1.42	2.00
Ta2	31.68	29.04	39.30	Franco arcilloso	1.46	1.59
Ta1	37.68	17.04	45.30	Franco	1.40	2.00
Ta3	83.68	11.04	5.28	Arenoso franco	1.55	3.45
CbD3	69.68	13.04	17.30	Franco arenoso	1.60	1.59
CbD1	27.68	39.04	33.30	Franco arcilloso	1.40	1.5
CbD2	49.68	19.04	31.33	Franco	1.39	3.01
CaD3	41.68	21.04	37.30	Franco	1.52	2.5
CaD1	39.01	35.04	25.95	Franco arcilloso	1.48	2.23
CaD2	41.68	39.04	19.30	Franco arcilloso	1.40	3.5
Lo	39.68	29.04	31.20	Franco arcilloso	1.46	1.89
Mb	33.68	19.04	47.30	Franco	1.51	2.26

4.2. Realizar la clasificación de acuerdo con los factores limitantes de fertilidad de suelos, adaptabilidad de los distintos cultivos por unidades fisiográficas microcuenca Picuroyacu

4.2.1. Unidades de clasificación del sistema FCC con pendiente de (0 – 5%)

La unidad predominante de esta área es Lak 0 - 5%, presentan suelos de textura franca hasta los 30 cm de profundidad, saturación de aluminio mayor a 60%, baja capacidad del suelo para abastecer potasio.

Manejo:

Este tipo de textura presenta menores limitaciones para los cultivos. Las texturas de este tipo son favorables para cultivar, sembrar con buen drenaje y permeabilidad, las plantas brotan y las raíces se desarrollan con facilidad. El contenido de arcilla es suficiente para una alta capacidad de retención de nutrientes, los tipos texturales L tienen la capacidad más alta que otros tipos para almacenar agua disponible para las plantas. Es necesario considerar que este tipo de suelos pierden fácilmente sus cationes (Ca, Mg, y K), más bien son lixiviados a las capas más profundas o son extraídos en las sucesivas cosechas de los cultivos. Estas unidades de suelo requieren prácticas agrícolas con aplicación de cal o dolomita, sin embargo, a pesar de ello es necesario un análisis de suelos para determinar los requerimientos nutritivos de los distintos cultivos (Cuadro 17).

Cuadro 17. Cobertura de referencia según nivel de acidez por unidades fisiográficas identificadas con pendiente de (0 – 5%) encontradas microcuencas Picuroyacu.

Unidades de Clasificación sistema FCC	Unidad fisiográfica	Cobertura	Referencia	Nivel de acidez
Lak (0-5%)	CaD1	Sotobosque	Bosque secundario	1
	Lo	Sotobosque	Plantación de coca y Naranja	2
	Ta2	Hojarasca	plantación de cacao – sotobosque	3
	Mb	Pastizal	Ganadería	
	Ta1	Pastizal	Pastizal	
	CbD2	Arbustiva	Plantación de cacao	2
	Tb2	Sotobosque	Plantación de cacao	2
	CbD1	Purma	Purma	2
	CbD3	Sotobosque	Bosque secundario	1
	CaD3	Sotobosque	Plantación de maíz y plátano	2
	Tb1	Sotobosque	Plantación de aguaje	2
	CaD2	Sotobosque	Purma alta	3
	Mb	Sotobosque	Purma alta	3

4.2.2. Unidades de clasificación del sistema FCC con pendiente de (0 – 10%)

La pendiente (0 - 5%) no constituye una limitante para cualquier cultivo, más al contrario la suficiente inclinación del terreno favorece un drenaje adecuado.

Lak: Suelos con textura franca hasta los 50 cm del suelo, suelos ácidos (saturación de aluminio > a 60%), baja capacidad del suelo para abastecer potasio.

Lak (0 - 10%): Ídem anterior, excepto por la variación en pendiente del terreno, tiene una inclinación de 10 metros por cada 100 en la superficie del suelo, sin embargo, éste último aspecto no constituye una limitante seria, para el establecimiento de los diferentes cultivos.

Manejo:

Los suelos de esta área son coluviales, la textura predominante es franco o bien drenado, la dificultad mayor de estos suelos es que una vez realizado la tumba y quema del bosque natural, los rendimientos de los cultivos serán óptimos por lo menos hasta unos cinco años, luego declinará notablemente: será necesario realizar la adición de enmiendas a base de cal y también aplicar fertilizantes de acuerdo al requerimiento del cultivo.

Este tipo de suelo tiene todas las condiciones físicas como para que la mayoría de los cultivos se adapten, estas unidades debido a su textura franca presentan un índice medio de infiltración y buena capacidad de retener agua disponible para los cultivos, bien drenados, aireados, fácil penetración de raíces y laboreo; se limita un poco ésta última consideración para aquellos suelos con indicadores de fragmentos rocosos ('), sin embargo no es limitante para la mayoría de los cultivos. Esta textura "franco", tiende a compactarse y perder su estructura fácilmente por el tráfico de maquinaria, animales o humano; la mayor limitante es la alta acidez del suelo (bajos contenidos de Ca, Mg y K), la selección de cultivos tolerantes a la alta toxicidad por Al es necesaria, así mismo la aplicación de fertilizantes potásicos para la producción de cultivos (cítricos, cacao, plátano, café y maíz) es indispensable. La variación

de la pendiente no es una limitante seria, más al contrario, estos suelos suelen ser bien drenados (Cuadro 18).

Cuadro 18. Cobertura de referencia según nivel de acidez por unidades fisiográficas identificadas con pendiente de (0 – 10%) microcuenca Picuroyacu.

Unidades de clasificación FCC	Unidad fisiográfica	Cobertura	Referencia	Nivel de acidez
Lak (0-10%)	Lo	Sotobosque	Plantación de coca y naranja	2
	Ta2	Hojarasca	plantación de cacao – sotobosque	2
	Mb	Pastizal	Pastizal	3
	Tb1	Pastizal	Pastizal	2
	CbD2	Arbustiva	Plantación de cacao	2
Lak	Tb1	Sotobosque	Plantación de cacao	2
	CbD1	Purma	Purma	2
	Ta1	Sotobosque	Bosque secundario	1
	CbD3	Sotobosque	Plantación de maíz y Plátano	2
	CaD1	Sotobosque	Purma alta	3
	CaD2	Sotobosque	Purma alta	3

4.2.3. Unidades de clasificación del sistema FCC con identificación de fragmentos gruesos

lak: Suelos con textura franca hasta los 50 cm del suelo, saturación de aluminio > a 60%, baja capacidad del suelo para abastecer potasio.

l'ak: Idem anterior, excepto por la presencia de fragmentos rocosos de hasta un 35% (tamaños de 2 mm a 25 cm).

Manejo:

Estos suelos tienen una textura franco con buena capacidad de retención de agua disponible, para la provisión de las plantas, estos suelos suelen ser bien drenados, no ofrecen resistencia a la penetración de las raíces, salvo en aquellas unidades con indicadores de fragmentos rocosos. Generalmente las labores agrícolas se realizan sin ninguna restricción. La principal desventaja de este tipo de suelo, cuando se los somete a períodos largos de pastoreo o al tráfico intenso de maquinaria o personas, suele compactarse y perder su estructura fácilmente; la mayor limitante es la alta acidez del suelo (bajos contenidos de Ca, Mg y K), la selección de cultivos tolerantes a la alta toxicidad por Al es necesaria, además de la aplicación de cal o dolomita, la aplicación de fertilizantes potásicos para la producción de cultivos es indispensable. Uno de los aspectos más importantes es que este tipo de suelo no esté totalmente descubierto de materia vegetal, ya que la excesiva precipitación de la zona suele ocasionar la lixiviación de elementos nutritivos, cationes principalmente, para evitar esta pérdida, es necesario asociar los cultivos con leguminosas.

L#ak: Suelos con textura franca hasta los 50 cm, compactación debido al tráfico de animales en los primeros 15 cm del suelo, alta saturación de Al (mayor a 60%) y bajos contenidos de potasio.

L'ak: Idem anterior, excepto por la presencia de fragmentos rocosos de hasta un 35% (tamaños de 2 mm a 25 cm).

Manejo:

Una vez retirado el ganado y mantenida la pastura durante un tiempo, el suelo recuperará sus condiciones físicas originales (menor densidad aparente), pero la adición de dolomita y fertilizantes potásicos es requerida. Bajo cultivo frecuente es necesario la adición de fertilizantes de acuerdo con los requerimientos del cultivo.

Para este tipo de unidades la roturación o subsolado no es necesario, el cultivo de leguminosas herbáceas, para restaurar las condiciones físicas iniciales del suelo puede ser la mejor práctica de manejo. Los incrementos de materia orgánica al suelo mejoraran las características físicas y químicas de estos suelos.

Lgak, Lg+ak: Suelos de textura franca, con saturación de Al mayor a 60%, baja capacidad del suelo para abastecer potasio y saturados con agua durante períodos largos y muy largos o inundados frecuentemente.

Manejo:

Debido a su localización en los márgenes de los ríos y quebradas, estos suelos no serán utilizados con fines de explotación agrícola, sino más bien con fines de protección. Si el caso se diere como en ésta área, donde solamente es la quebrada Auri y el rio Picuroyacu que da las características al suelo con el modificador "g" y "g+"; se puede explotar dichas áreas con la implantación de pastos, para fines pecuarios ubicadas en la parte baja de la cuenca Picuroyacu (Cuadro 19).

Cuadro 19. Identificación de fragmentos gruesos por unidades fisiográficas identificadas microcuenca Picuroyacu.

Unidades de clasificación FCC	Unidad fisiográfica	Cobertura	Referencia	Nivel de acidez
L#ak	Ta1	Pastizal	Pastizal	3
	Mb	Pastizal	Ganadería	3
L'#ak	CbD1	Pastizal	Pastizal	3
Lak	CbD2	Arbustiva	Plantación cacao	2
Lgak,	Ta2	Sotobosque	Purma alta	3
l'ak	Tb2	Sotobosque	Bosque secundario	2
Lg+ak	Tb1	Sotobosque	Plantación de aguaje	3

4.2.4. Unidades de clasificación del sistema FCC con identificación de saturación

LCak: Suelo con textura franca en los primeros 20 cm, la concentración de arcilla incrementa en la segunda capa, encontrándose texturas arcillosas; saturación de Al > a 60% (suelos ácidos) y baja capacidad del suelo para abastecer potasio.

Manejo:

Este tipo textural constituye uno de los suelos cuyo contenido de arcilla es suficiente para producir una mayor capacidad de intercambio de cationes, la cual puede absorber los cationes contra la lixiviación, sin embargo este tipo de suelo es aún más susceptible a la compactación que los tipo "L", las prácticas deben estar dirigidas a evitar el tráfico de animales, especialmente cuando el suelo está húmedo; el mantenimiento de coberturas es importante así como también la adición de materia orgánica, las mismas que pueden mejorar la estructura del suelo. La compactación de este tipo de suelo suele corregirse roturando el mismo o dejándolo descansar por un periodo, para posteriormente realizar la instalación de cobertura con algún tipo de leguminosa herbácea.

Lg+ak: Suelos con texturas francas, con saturación de Al > a 60% (suelos ácidos), baja capacidad del suelo de abastecer potasio y saturados con agua durante periodos muy largos o inundados frecuentemente (Cuadro 20).

Cuadro 20. Cobertura de referencia según nivel de acidez por unidades fisiográficas identificadas microcuenca Picuroyacu.

Unidades de clasificación FCC	Unidad fisiográfica	Cobertura	Referencia	Nivel de acidez
LCak	Lo	Sotobosque	Plantación de coca y naranja	2
	Ta1	Pastizal	Pastizal	3
	CbD2	Arbustiva	Plantación de cacao	2

	Tb2	Sotobosque	Plantación de cacao	2
	CbD3	Sotobosque	Bosque secundario	1
	Ta2	Sotobosque	Purma alta	2
	CaD2	Hojarasca	plantación de cacao - sotobosque	2
Lg+ak	CbD1	Sotobosque	Plantación de maíz y plátano	2
	CbD2	Purma	Purma	3
	Tb1	Sotobosque	Plantación de aguaje	3
	CaD3	Sotobosque	Purma alta	3

4.2.5. Unidades de clasificación del sistema FCC con pendiente de (0 – 20 %)

Lak: Suelos con textura franca hasta los 50 cm del suelo, saturación de aluminio > a 60%, baja capacidad del suelo para abastecer potasio.

I'ak: Suelos con textura franca hasta los primeros 50 cm del suelo, suelos ácidos debido a la alta concentración de aluminio (saturación de aluminio > a 60%), baja capacidad de abastecer potasio; en este tipo de unidades existe la presencia de fragmentos rocosos en porcentajes de hasta un 35% y con tamaños de no mayores de 25 cm de diámetro.

Manejo:

Unidades que debido a su textura franca presentan un índice medio de infiltración y buena capacidad de retención de agua disponible para los cultivos, son bien drenados, aireados, fácil penetración de raíces y laboreo. Este

tipo textural "franco, tiende a compactarse y perder su estructura fácilmente por tráfico de maquinaria o de animales mayores; por lo tanto, deben emplearse prácticas de manejo que reduzcan la compactación. La mayor limitante es la alta acidez del suelo (bajos contenidos de Ca, Mg y K), la selección de cultivos tolerantes a la alta toxicidad por Al es necesario o la aplicación de cal o dolomita, en cantidades lo suficiente como para poder neutralizar el efecto tóxico del Al. La aplicación de fertilizantes potásicos es necesario para la producción de cultivos.

En suelos de colinas bajas o con pendientes. Se recomienda realizar el manejo de coberturas vivas o mulch, el mismo que protege de la erosión además de mejorar las características físicas del suelo. La presencia de fragmentos rocosos no constituye ser una limitante, ya que el porcentaje de afloración ni el tamaño de los fragmentos, constituyen una dificultad para las labores agrícolas.

L#ak: Suelos con textura franca hasta los 50 cm, compactación debido al tráfico de animales en los primeros 15 cm del suelo; alta saturación de Al (> a 60%); son suelos con baja capacidad de abastecer potasio.

L'ak: Idem el anterior excepto por la presencia de fragmentos rocosos (grava), en porcentajes de 15 a 35% con diámetros menores a 25 cm y mayores a 2 mm.

Manejo:

El principal problema de esta unidad FCC es la compactación debido al tráfico de animales (ganado vacuno); una vez retirado el ganado y

mantenida la pastura durante un tiempo prudencial el suelo recuperará sus condiciones físicas originales (menor densidad aparente), pero la instalación de leguminosas herbáceas, preferiblemente, es recomendado para recuperar las propiedades iniciales del suelo; los incrementos de materia orgánica al suelo mejoraran las características físicas y químicas de estos suelos.

LCak: Suelo con textura franca en los primeros 20 cm. la textura encontrada en la segunda capa es arcillosa; la saturación de Al es > a 60% (suelos ácidos); además de tener una baja capacidad de abastecer potasio.

Manejo:

El contenido de arcilla es uno de los aspectos favorables para este tipo de suelo, ya que los cationes son retenidos con la suficiente fuerza como para evitar la pérdida por lixiviación; sin embargo éste tipo de suelo son más susceptibles a la compactación, las prácticas de manejo deben estar dirigidas a evitar pastoreo de animales, especialmente cuando el suelo está húmedo. Las incorporaciones de materia orgánica mejorarán las condiciones fisicoquímicas, las implantaciones de coberturas de leguminosas, favorecerán el mejoramiento de la estructura del suelo.

LC#ak (0 - 20%): Suelo con textura franca en los primeros 20 cm, la textura se hace más arcillosa en la segunda capa; la saturación de Al es > a 60% (suelos ácidos); además de tener una baja capacidad de abastecer potasio. Esta unidad presenta compactación. Por pastoreo de animales, en los primeros 15 cm del suelo.

Manejo:

El principal problema es revertir el proceso de compactación que tienen estos suelos y rehabilitarlos para la producción agrícola. Debido a su textura franco arcilloso, la pendiente que tiene y la compactación, impiden que el suelo tenga menor velocidad de infiltración del agua de lluvia y esta se escurre por la superficie del suelo y si el suelo se encuentra desprotegido la erosión será más severa. La mejor manera de recuperar las condiciones físicas originales de este tipo de suelo es retirando al ganado. Los suelos que tienen este tipo de compactación restringen el crecimiento de las raíces, se deben realizar prácticas como mantener coberturas por largo plazo (Cuadro 21).

Cuadro 21. Cobertura de referencia según nivel de acidez de (0 – 20%) por unidades fisiográficas identificadas microcuenca Picuroyacu.

Unidades de clasificación FCC	Unidad fisiográfica	Cobertura	Referencia	Nivel de acidez
LCak	Lo	Sotobosque	Plantación de coca y naranja	3
I'ak:	Ta1	Pastizal	Pastizal	2
Lak	CbD1	Arbustiva	Plantación de cacao	2
	Tb2	Sotobosque	Plantación de cacao	2
LC#ak (O-20%)	Mb	Pastizal	Ganadería	3
L#ak	Tb1	Pastizal	Pastizal	3
	Ta2	Sotobosque	Purma alta	3
Lak	CbD2	Hojarasca	Plantación de cacao - sotobosque	2
LCak	CbD3	Sotobosque	Plantación de maíz y Plátano	3
	CaD3	Purma	Purma	2

Lak	Tb1	Sotobosque	Plantación de aguaje	3
I'ak:	CaD2	Sotobosque	Bosque secundario	2
	CaD1	Sotobosque	Purma alta	2

Las unidades Lak, con pendiente de hasta 20%, han sido explotados con el cultivo de coca de modo, que quedaron pobres en nutrientes, principalmente Ca, Mg y K; es recomendable realizar la recuperación del suelo, con el sembrío de leguminosas, tales como: mucuna, kudzu, calopogonio, etc

Para aprovechar inmediatamente estos suelos, será necesario aplicar enmiendas a base de dolomita, en cantidades suficientes como para poder disminuir la acidez del suelo, seguidamente se deberá realizar la aplicación de fertilizantes, sí lo requiere el cultivo. No es recomendable instalar cultivos agrícolas en aquellas unidades fisiográficas con pendientes igual o mayores a 50%, ya que los riegos de erosión son mayores, es mejor dejar estos suelos para fines de conservación o realizar netamente actividades forestales, a través del enriquecimiento con especies adaptadas al medio.

4.2.6. Unidades de clasificación del sistema FCC con pendiente de (0 – 40%)

Lak: Suelos con textura franca hasta los 50 cm, saturación de aluminio > a 60%, baja capacidad del suelo para abastecer potasio.

Lak (0 - 15%): Idem al anterior, excepto por la variación en pendiente, el terreno baja o sube de distancia.

Manejo:

Unidades que debido a su textura franca presentan un índice medio de infiltración, y buena capacidad de retener agua disponible para los cultivos, bien drenados, aireados. Fácil penetración de raíces y laboreo. Este tipo de textura "franco", tiende a compactarse y perder su estructura fácilmente por pastoreo de animales mayores; por lo tanto, deben emplearse prácticas de manejo que reduzcan la compactación. La mayor limitante es la alta acidez del suelo (bajos contenidos de Ca, Mg y K), la selección de cultivos tolerantes a la alta toxicidad por Al es necesario la aplicación de cal o dolomita. En cantidades suficiente para neutralizar el efecto tóxico del Al.

La aplicación de fertilizantes potásicos es necesario para la producción de los cultivos. La mayoría de las unidades Lak y Lak (0 - 20%) fueron explotados por mucho tiempo con el cultivo de coca, cuya consecuencia es que estos suelos tienen una alta acidez, lo que impedirá el establecimiento y posterior desarrollo de cualquier otro cultivo, existen pequeñas superficies dentro la unidad Lak, que no han sido explotados con coca, y que bien pueden servir para el establecimiento de cítricos.

Lak (0 - 40%) Suelos con textura franca hasta los 50 cm, saturación de Al > a 60%, baja capacidad del suelo para abastecer potasio. Variación en pendientes de hasta 40%, formación de colinas bajas.

Manejo:

Las pendientes pueden limitar la producción de cultivos y hace más difícil el manejo, como consecuencia, si se trabaja en estos suelos, el riesgo de erosión es mayor. La mejor forma de manejo es dejando como bosque y manejar estas tierras con el aprovechamiento de los recursos forestales, también a través de enriquecimientos con especies endémicas adaptadas al medio. En suelos de colinas bajas o con pendientes, que fueron explotados, se recomienda realizar el manejo de coberturas vivas o mulch, el mismo que protege de la erosión, así como mejorar las características físicas del suelo.

LSak: Suelos con textura franco arenoso en los primeros 20 cm, la textura se hace más gruesa en los siguientes 30 cm: suelo ácido, con porcentaje de saturación de Al > a 60%, baja capacidad de abastecer potasio.

Manejo:

Esta unidad FCC se encuentra en el área de influencia cerca del río azul que cruza esta área de modo, que el mejor manejo es identificar la zona como área de protección. Ya que constituye una zona de inundación con problemas de drenaje proveniente del río azul (Cuadro 22).

Cuadro 22. Cobertura de referencia según nivel de acidez de (0 – 40%) por unidades fisiográficas identificadas microcuenca Picuroyacu.

Unidades de clasificación FCC	Unidad fisiográfica	Cobertura	Referencia	Nivel de acidez
LSak:	Tb2	Pastizal	Pastizal	2
Lak(0-15%):	CaD2	Arbustiva	Plantación de cacao	2

LSak:	CaD1	Sotobosque	Plantación de cacao	2
	Ta1	Pastizal	Pastizal	3
L#ak	Ta2	Sotobosque	Purma alta	3
Lak (0-40%)	CbD2	Purma	Purma	2
LSak:	Tb1	Sotobosque	Plantación de aguaje	3
Lak:	CaD2	Sotobosque	Bosque secundario	2
Lak (0-40%)	CaD1	Sotobosque	Purma alta	2

4.3. Representar cartográficamente las áreas de acuerdo con los factores limitantes de fertilidad de los suelos por unidades fisiográficas en la microcuenca Picuroyacu

4.3.1. Escala de clasificación de la unidad FCC (Lak 0 – 10%) del suelo distribuido en la microcuenca Picuroyacu

La distribución de las unidades de clasificación del sistema FCC microcuenca Picuroyacu, con una pendiente de (0 a 5%) presenta suelos ácidos con textura franca hasta los 50 cm, con saturación de aluminio > a 60%, bajo nivel de potasio, donde 137.87 ha son suelos para producir cultivos con insumos para establecer y reemplazar los nutrientes extraídos en las cosechas, y presenta niveles altos de fertilización, 867.56 ha requieren de altos niveles de insumos para producir cualquier tipo de cultivo, durante el periodo de establecimiento y 1,121.35 ha necesita altos niveles de insumo para su producción del cultivo, debido a que el costo de las limitaciones es alto; mientras que con una pendiente al (10%) 93.92 ha será necesario de utilizar un alto nivel

de insumos para producir cualquier tipo de cultivo, durante el periodo de establecimiento (Figura 11).

4.3.2. pH del suelo distribuido en la cuenca Picuroyacu

En el Cuadro 23 y Figura 12, muestran la distribución del pH del suelo por unidades fisiográficas microcuenca Picuroyacu, tipo de suelo con capacidad para almacenar agua disponible para las plantas presenta problemas de compactación debido al tráfico de animales en los 15 cm, saturación de Al > a 60% en cualquier capa de los 50 cm de la superficie, con modificadores de suelo (L#ak), escala de clasificación (3 y 2), presentan una reacción moderadamente ácida con rangos de 5.5 a 6.5 en mayor proporción con una extensión de 916.35 ha con 41.26% y 95.01 ha con 4.28% del área total de la cuenca, necesitan altos niveles de insumos para la producción de los cultivos, debido a la presencia de modificadores texturales el costo de corregir las limitaciones bajo circunstancias actuales es alto, suelos con una matriz gris en los 50 cm en todos los horizontes con modificadores texturales (Lg+ak), escala de clasificación (2) de reacción fuertemente ácida con rangos de 4.6 a 5.4, una extensión de 545.92 ha con 24.58% del área total de la cuenca, requieren alto nivel de insumos para producir los cultivo durante su periodo de establecimiento, suelos con moteaduras gris dentro de los 25 cm, y/o matriz gris dentro de los 50 cm de la superficie y con modificadores texturales (Lgak), escala de clasificación (3), de reacción moderadamente alcalina con rangos menores de a 7.4 – 8.5, una extensión de 175.95 ha con 7.92% del área total de la cuenca, necesitan altos niveles de insumos para la producción de los cultivos, debido a la presencia

de modificadores texturales el costo de corregir las limitaciones bajo circunstancias actuales es alto, suelos con modificadores texturales (Lak), escala de clasificación (2) de reacción extremadamente ácida con rangos menores de 4.5, una extensión de 173.57 ha que representa un 7.82% del área total de la cuenca, necesitan alto nivel de insumos para producir los cultivo durante su periodo de establecimiento, y en menor proporción los suelos con fragmentos gruesos y modificadores del suelo desde la superficie (L'ak) con escalas de clasificación (1, 2 y 3) de reacción neutra con rangos de 6.6 a 7.3 con una extensión de (137.87 ha, 66.97 ha y 29.05 ha) que representa (6.21%, 3.02% y 1.31%) del área total de toda la cuenca Picuroyacu que se podrá producir los cultivos con altos niveles de fertilización con K, así como también necesitaran altos niveles de insumos cal o dolomita y debido a la presencia de modificadores texturales el costo de corregir las limitaciones bajo circunstancias actuales será alto.

Cuadro 23. Niveles de pH de los suelos según escala de clasificación microcuenca Picuroyacu

Unidad FCC	Escala de clasificación	Niveles de pH	Área (ha)	%
L'ak	1		137.87	6.21
	2	6.6 – 7.3	66.97	3.02
	3		29.05	1.31
L'#ak	2	5.5 – 6.5	80.00	3.60
L#ak	2	5.5 – 6.5	95.01	4.28
	3		916.35	41.26
Lak	2	< 4.5	173.57	7.82
Lg+ak	2	4.6 – 5.4	545.92	24.58
Lgak	3	7.4 – 8.5	175.95	7.92
Superficie Total			2220.70	100.00

4.3.3. Materia orgánica en el suelo distribuido en la cuenca Picuroyacu

En el Cuadro 24 y Figura 14, muestran los niveles de materia orgánica del suelo por unidades fisiográficas microcuenca Picuroyacu, agrupa al tipo de suelo con texturas con 35% o más de arcilla y modificadores de suelos (LCak), escala de clasificación (1, 2 y 3), niveles medios de 2 a 4% de materia orgánica en mayor proporción con una extensión de 137.87 ha con 6.21% del total del área de la cuenca, se pueden producir los cultivos con insumos normales y altos niveles de fertilización con K, 283.48 ha con 12.77% del total del área de la cuenca, se necesitan un alto nivel de insumos de cal o dolomita para producir los cultivos durante el periodo de establecimiento y 1099.02 ha con 49.49% del total del área de la cuenca, se necesitaran altos niveles de insumos y el costo para corregir las limitaciones puede ser prohibido bajo circunstancias actuales, mientras que los suelos con una matriz gris en los 50 cm en todos los horizontes con modificadores texturales (Lg+ak), escala de clasificación (2 y 3), presentan niveles altos > a 4% de materia orgánica en menor proporción con una extensión de 678.00 ha con 30.53% del total del área de la cuenca, necesitaran un alto nivel de insumos de cal o dolomita para producir los cultivos durante el periodo de establecimiento y 22.34 ha con 1.01% del total del área de la cuenca, necesitaran altos niveles de insumos y el costo para corregir las limitaciones puede ser prohibido bajo circunstancias actuales.

Cuadro 24. Niveles de materia orgánica de los suelos según escala de clasificación microcuenca Picuroyacu

Unidad FCC	Escala de clasificación	Materia orgánica (%)	Área (ha)	%
LCak	1		137.87	6.21
	2	2 - 4	283.48	12.77
	3		1099.02	49.49
Lg+ak	2		678.00	30.53
	3	> a 4	22.34	1.01
Superficie Total			2220.70	100.00

4.3.4. Nitrógeno disponible en el suelo distribuida en la microcuenca Picuroyacu

En el Cuadro 25 y Figura 15, muestran la distribución del nitrógeno disponible en el suelo por unidades fisiográficas microcuenca Picuroyacu, agrupa al tipo de suelo con texturas con 35% o más de arcilla y modificadores de suelos (LC#ak) con una pendiente de 20%, escala de clasificación (3), nivel alto de 0.15 a 0.25% de nitrógeno en mayor proporción con una extensión de 859.56 ha con 38.71% del total del área de la cuenca, se necesitaran altos niveles de insumos y el costo para corregir las limitaciones puede ser prohibido bajo circunstancias actuales, suelos con modificadores texturales (Lak), escala de clasificación (2), nivel medio de 0.10 a 0.15% de nitrógeno, una extensión de 776.16 ha que representa un 34.95% del área total de la cuenca, necesitan alto nivel de insumos para producir los cultivo durante su periodo de establecimiento, suelos con capacidad para almacenar agua disponible para las plantas con problemas de compactación debido al tráfico de animales en los 15 cm,

saturación de Al > a 60% en cualquier capa de los 50 cm de la superficie, con modificadores de suelo (L#ak), escala de clasificación (1 y 3), presentan nivel bajo de 0.05 a 0.10% de nitrógeno, con una extensión de 137.87 ha con 6.21%, se pueden producir los cultivos con insumos normales y altos niveles de fertilización con K y 120.87 ha con 5.44% del área total de la cuenca, se necesitaran altos niveles de insumos y el costo para corregir las limitaciones puede ser prohibido bajo circunstancias actuales, suelo con texturas con 35% o más de arcilla y modificadores de suelos (LCak), escala de clasificación (2), nivel muy alto mayor a 0.25 de nitrógeno con una extensión de 185.31 ha con 8.34% del total del área de la cuenca, se necesitan altos niveles de insumos de cal o dolomita para producir los cultivos durante el periodo de establecimiento y en menor proporción los suelos con fragmentos gruesos y modificadores del suelo desde la superficie (L´ak) con escala de clasificación (3) nivel muy bajo menor de 0.05 de nitrógeno en menor proporción 140.87 ha con 6.35% del área total de la cuenca, se necesitaran altos niveles de insumos y el costo para corregir las limitaciones puede ser prohibido bajo circunstancias actuales.

Cuadro 25. Niveles de nitrógeno de los suelos según escala de clasificación microcuenca Picuroyacu

Unidad FCC	Escala de clasificación	Niveles de Nitrógeno (%)	Área (ha)	%
l´ak	3	Menor de 0.05	140.92	6.35
L#ak	1	0.05 – 0.10	137.87	6.21
	3		120.87	5.44
Lak	2	0.10 – 0.15	776.16	34.95
LC#ak (20%)	3	0.15 – 0.25	859.56	38.71

Lcak	2	Mayor de 0.25	185.31	8.34
Superficie Total			2220.70	100.00

4.3.5. Fósforo disponible en el suelo distribuida en la microcuenca

Picuroyacu

En el Cuadro 26 y Figura 16, muestran la distribución del fósforo disponible en el suelo por unidades fisiográficas microcuenca Picuroyacu, agrupa al tipo de suelos con texturas de arenas y arenas francas y con modificadores texturales en sus horizontes y son limitados para la producción de cultivos principalmente por presentar un CICE bajo y un bajo contenido de nutrientes (LSak), escala de clasificación (2 y 3), presentan niveles de fósforo mayor a 25 ppm en mayor proporción, una extensión aproximada de 1704.46 ha con 31.72% del total del área de la cuenca, se necesitan un altos niveles de insumos de cal o dolomita para producir los cultivos durante el periodo de establecimiento y 1,099.02 ha con 49.49% del área total de la cuenca, se necesitaran altos niveles de insumos y el costo para corregir las limitaciones puede ser prohibido bajo circunstancias actuales, suelos con modificadores texturales (Lak) con una pendiente de 15%, escala de clasificación (1 y 2), nivel adecuado de 7 a 15 ppm de fósforo, con una extensión de 137.87 ha con 6.21%, se pueden producir los cultivos con insumos normales y altos niveles de fertilización con K y 203.14 ha que representa un 9.15% del área total de la cuenca, necesitan alto nivel de insumos para producir los cultivo durante su periodo de establecimiento, suelos con modificadores texturales (La) con 40% de pendiente, escala de clasificación (2), nivel bajo menor a 5.5 ppm de fósforo

con una extensión de 53.88 ha con 2.43% del total del área de la cuenca, se necesitan un altos niveles de insumos de cal o dolomita para producir los cultivos durante el periodo de establecimiento y en menor proporción los suelos con modificadores texturales desde la superficie (Lak) con pendiente de 40%, con escala de clasificación (3) nivel alta de 15 – 25 ppm de fósforo en menor proporción 22.34 ha con 1.01% del área total de la cuenca, se necesitaran altos niveles de insumos y el costo para corregir las limitaciones puede ser prohibido bajo circunstancias actuales.

Cuadro 26. Niveles de fósforo de los suelos según escala de clasificación microcuenca Picuroyacu

Unidad FCC	Escala de clasificación	Niveles de Fósforo (ppm)	Área (ha)	%
La (40%)	2	Menor a 5.5	53.88	2.43
Lak(15%)	1	7 - 15	137.87	6.21
Lak (40%)	2	15 - 25	203.14	9.15
Lak (40%)	3	15 - 25	22.34	1.01
Lsak	2	Mayor a 25	704.46	31.72
Lsak	3	Mayor a 25	1099.02	49.49
Superficie Total			2220.70	100.00

4.3.6. Potasio disponible en el suelo distribuida en la microcuenca

Picuroyacu

En el Cuadro 27, muestra la distribución del potasio disponible en el suelo por unidades fisiográficas microcuenca Picuroyacu, agrupa al tipo de suelos con texturas de arenas y arenas francas y con modificadores texturales en sus horizontes y son limitados para la producción de cultivos principalmente por presentar un CICe bajo y un bajo contenido de nutrientes (LSak), escala de

clasificación (2 y 3), una extensión aproximada de 704.46 ha con 31.72% del total del área de la cuenca, se necesitan un altos niveles de insumos de cal o dolomita para producir los cultivos durante el periodo de establecimiento y 1,099.02 ha con 49.49% del área total de la cuenca, se necesitaran altos niveles de insumos y el costo para corregir las limitaciones puede ser prohibido bajo circunstancias actuales, suelos con modificadores texturales (Lak) con una pendiente de 15%, escala de clasificación (1 y 2) con una extensión de 137.87 ha con 6.21%, se pueden producir los cultivos con insumos normales y altos niveles de fertilización con K y 203.14 ha que representa un 9.15% del área total de la cuenca, necesitan alto nivel de insumos para producir los cultivo durante su periodo de establecimiento, suelos con modificadores texturales (La) con 40% de pendiente, escala de clasificación (2), con una extensión de 53.88 ha con 2.43% del total del área de la cuenca, se necesitan altos niveles de insumos de cal o dolomita para producir los cultivos durante el periodo de establecimiento y en menor proporción los suelos con modificadores texturales desde la superficie (Lak) con pendiente de 40%, con escala de clasificación (3), y una menor proporción del terreno con 22.34 ha con 1.01% del área total de la cuenca, que necesitaran altos niveles de insumos y el costo para corregir las limitaciones puede ser prohibido bajo circunstancias actuales; todos estos suelos por la fisiografía del terreno presentan niveles bajo de potasio menor a 300 kg/ha.

Cuadro 27. Niveles de potasio de los suelos según escala de clasificación
microcuenca Picuroyacu

Unidad FCC	Escala de clasificación	Niveles de Potasio (kg/ha)	Área (ha)	%
La (40%)	2	Menor a 300	53.88	2.43
Lak(15%)	1		137.87	6.21
	2		203.14	9.15
Lak (40%)	3		22.34	1.01
Lsak	2		704.46	31.72
Lsak	3		1099.02	49.49
Superficie Total			2220.70	100.00

V. DISCUSIÓN

5.1. Determinar las propiedades físicas de los suelos como factores limitantes de fertilidad por unidades fisiográficas microcuenca Picuroyacu.

5.1.1. Descripción de las propiedades físicas

Las características texturales que predominan en los distintos tipos de suelos de la microcuenca de Picuroyacu, según el mapa fisiográfico; detalla que Ta1, CbD2, Mb y CaD3, son de textura franco, áreas de terrenos que fueron manejadas por alguna actividad antrópica; CbD1, CaD1, CaD2, Tb2, Ta2 y Lo son de textura franco arcilloso, representada en su mayor parte por plantaciones de cacao y café, se encuentra en constante uso de la tierra; mientras que Tb1 es de textura franco arcillo arenoso, Ta3 textura arenoso franco y por último CbD3 presenta una textura franco arenoso, los cuales son aptos para el establecimiento y producción de cultivos. ZAVALETA (1992) menciona que las clases texturales se basan en las diferentes combinaciones de arena limo y arcilla, y que los suelos de textura franca mantienen una mezcla equilibrada de arena, limo y arcilla. Esto supone un equilibrio entre permeabilidad al agua y retención de agua y de nutrientes. El mismo autor menciona que la distribución de fracciones de arena, limo y arcilla contenidas en el suelo; excluye a partículas minerales más grandes que la arena; que para nuestro caso nos muestra que

los suelos de las unidades fisiográficas Tb1, Tb2 y Ta1 presentan más del 50% de arena, CbD3 y CbD2 presentan más del 40% de limo y Ta3, CaD2, CaD3, CaD1 presentan más del 30% de arcilla. Mientras que SANCHEZ (2007) menciona que la proporción de arena, limo y arcilla expresados en porcentaje. En la fracción mineral del suelo, son de interés edafológico solamente las partículas menores de 2 mm de diámetro.

USDA (1999) menciona que la densidad aparente es definida como la relación entre la masa del suelo secado en horno y el volumen global, que incluye el volumen de las partículas y el espacio poroso entre las partículas. Las densidades de las partículas minerales se encuentran en los suelos arenosos, arcillosos entre <1.0 a >1.7 g/cm³; en suelos franco arcillosos de 1.0 a 1.5 g/cm³ y en suelos francos de 1.5 a 1.7 g/cm³, que para nuestro caso las densidades encontradas se determinaron de acuerdo a su clase textural que varían desde 1.60 hasta 1.39 g/cm³ respectivamente; siendo la densidad aparente del suelo puede servir como un indicador de la compactación y de las restricciones al crecimiento de las raíces. Típicas densidades aparentes del suelo fluctúan entre 1.0 y 1.7 g/cm³ y generalmente aumentan con la profundidad en el perfil (ACEBEDO *et al.*, 2005). Encontrándose estas densidades acordes a lo mencionado por AREVALO *et al.*, (2002) que la densidad del suelo está relacionada con la textura, los suelos arenosos obtienen mayores valores frecuentemente entre 1.35 a 1.85 kg/dm³. Mientras que la resistencia a la penetración de raíces va desde 1.5 a 3.5 g/cm², que prácticamente van de suelos suaves a suelos moderadamente duros (Cuadro 15). Para USDA (1999) con un

incremento de la densidad aparente, la resistencia mecánica tiende a aumentar y la porosidad del suelo tiende a disminuir, estos cambios limitan el crecimiento de las raíces a valores críticos.

5.2. Realizar la clasificación de acuerdo a los factores limitantes de fertilidad de suelos, adaptabilidad de los distintos cultivos por unidades fisiográficas microcuenca Picuroyacu.

5.2.1. Unidades de clasificación del sistema FCC con pendiente de (0 – 10%)

La pendiente (0 - 10%) no constituye una limitante para cualquier cultivo, más al contrario es la suficiente inclinación del terreno como favorece un drenaje adecuado. Los tipos de suelos con textura franca hasta los 50 cm de profundidad, suelos ácidos (saturación de aluminio > a 60%), y no constituye una limitante seria, para el establecimiento de los diferentes cultivos, clasificación que fue realizada tomando en cuenta lo mencionado por URIBE (1987) quien menciona que las clases del sistema FCC son indicadores directos de problemas de manejo de fertilidad este sistema da interpretaciones de las características. Mientras que MONTEITH (1994) menciona que el sistema identifica características de suelo que limitan la producción de cultivos y manejo, que para nuestro caso una de las limitantes fue: el uso mismo del cultivo como el caso de la coca que deja a los suelos pobres en nutrientes, acidez del suelo, cobertura del suelo, los modificadores texturales, fragmentos gruesos y la compactación del suelo por la acción de la ganadería.

JARAMILLO (2003) menciona que se debe seleccionar cultivos adaptados a condiciones secas y alta acidez, que para el caso de la microcuenca Picuroyacu los agricultores instalan sus cultivos tomando en cuenta los saberes transmitida de generación en generación que concuerda con el autor; ya que para la instalación de cualquier cultivo el agricultor ya sabe cuál es la característica que debe tener ese suelo para el establecimiento del cultivo ya sea por la coloración o el tacto de esta.

Los tipos de suelos encontrados mediante esta clasificación de acuerdo a los factores limitantes, la adaptabilidad de los cultivos por unidades fisiográficas se realizó tomando en consideración lo mencionado por MONTEITH (1994) el sistema FCC agrupa suelos con características físico-químicos específicos similares relacionados con la fertilidad; empleando el término fertilidad en el sentido de la adaptabilidad de suelo para la producción y manejo de cultivos; y que para nuestro caso los cultivos identificados en la cuenca Picuroyacu fueron: relictos de Bosque intervenido, purmas baja y alta, pastizales, plantaciones, plátano, maíz, cítricos, café en la parte alta de la cuenca y cacao de la variedad CCN-51 en la parte media y baja de la cuenca.

El mismo autor menciona si los tipos superficiales y subsuperficiales son iguales, solo un símbolo es empleado. Si hay una diferencia entre los tipos texturales de las capas, se emplean los dos símbolos, que para nuestro caso se encontró diferencias entre tipos texturales según los horizontes y la profundidad del perfil.

5.3. Representar cartográficamente las áreas de acuerdo con los factores limitantes de fertilidad de suelos por unidades fisiográficas microcuena Picuroyacu

La fertilidad del suelo es una cualidad resultante de la interpretación entre las características físicas, químicas, biológicas del suelo y consiste en la capacidad de poder suministrar condiciones necesarias para el crecimiento y desarrollo de las plantas; se deben tomar en cuenta los siguientes elementos para determinar la fertilidad de los suelos: pH, CIC, materia orgánica, nitrógeno total y fósforo disponible (SANCHEZ, 1981). Que para nuestro caso la microcuena Picuroyacu presenta un pH de fuerte a moderadamente ácida y de neutra a moderadamente alcalina, materia orgánica de medio a alta, de baja, moderada y muy alta en nitrógeno, fósforo niveles bajo, adecuada y alta, baja en potasio y niveles muy bajo, bajo en CIC.

La distribución del pH del suelo por unidades fisiográficas microcuena Picuroyacu, presenta el tipo de suelo con capacidad para almacenar agua disponible para las plantas presenta problemas de compactación debido al tráfico de animales en los 15 cm, saturación de Al > a 60% en cualquier capa de los 50 cm de la superficie, con modificadores de suelo, (L#ak) de reacción moderadamente ácida con rangos de 5.5 a 6.5, suelos con una matriz gris en los 50 cm en todos los horizontes con modificadores texturales (Lg+ak) de reacción fuertemente ácida con rangos de 4.6 a 5.4, suelos con moteaduras gris dentro de los 25 cm, y/o matriz gris dentro de los 50 cm de la superficie y con modificadores texturales (Lgak) de reacción moderadamente

alcalina con rangos menores de a 7.4 – 8.5, suelos con modificadores texturales (Lak) de reacción extremadamente ácida con rangos menores de 4.5, y en menor proporción los suelos con fragmentos gruesos y modificadores del suelo desde la superficie (L'ak) de reacción neutra con rangos de 6.6 a 7.3, todos estos suelos por sus características de la escala de clasificación, podrán producir los cultivos con altos niveles de fertilización con K, así como también con altos niveles de insumos cal o dolomita y debido a la presencia de modificadores texturales el costo de corregir las limitaciones bajo circunstancias actuales será alto (Cuadro 22). Para JARAMILLO (2003) el suelo es una entidad compleja que se caracteriza por la presencia de múltiples atributos, existiendo menor variabilidad en aquellas propiedades edáficas en su condición natural. Al respecto, FASSBENDER (1987) corrobora que existe una correlación entre la textura y la capacidad de cambio, aumentando ésta para los suelos de textura fina y disminuyendo para suelos de textura gruesa ya que las arenas son pobres en arcilla coloidal y casi siempre deficientes como también en humus. Mientras que AREVALO y SANCO (2002) encontraron tendencias similares en el comportamiento del pH respecto a la altitud, agregando además la relación de este parámetro con las características mineralógicas de los materiales geológicos que originaron los suelos estudiados.

La distribución de los niveles de materia orgánica del suelo por unidades fisiográficas microcuenca Picuroyacu, agrupa al tipo de suelo con texturas con 35% o más de arcilla y modificadores de suelos (LCak) con niveles medios de 2 a 4% y suelos con una matriz gris en los 50 cm en todos los horizontes con modificadores texturales (Lg+ak) presentan niveles altos > a 4%

de materia orgánica, todos estos suelos por sus características de la escala de clasificación, podrán producir los cultivos con altos niveles de fertilización con K, así como también con altos niveles de insumos cal o dolomita y debido a la presencia de modificadores texturales el costo de corregir las limitaciones bajo circunstancias actuales será alto (Cuadro 23). Como lo señala NAVARRO (2003) y FERNANDEZ (2006) quienes indican que la mayor parte de la materia orgánica que en el suelo se deposita a la muerte de los microorganismos y de las plantas que ellos se benefician.

La distribución del nitrógeno disponible en el suelo por unidades fisiográficas microcuenca Picuroyacu, agrupa al tipo de suelo con texturas con 35% o más de arcilla y modificadores de suelos (LC#ak) con una pendiente de 20%, nivel alto de 0.15 a 0.25% de nitrógeno, suelos con modificadores texturales (Lak), nivel medio de 0.10 a 0.15% de nitrógeno, suelos con capacidad para almacenar agua disponible para las plantas con problemas de compactación debido al tráfico de animales en los 15 cm, saturación de Al > a 60% en cualquier capa de los 50 cm de la superficie, con modificadores de suelo (L#ak), nivel bajo de 0.05 a 0.10% de nitrógeno, suelo con texturas con 35% o más de arcilla y modificadores de suelos (LCak), nivel muy alto mayor a 0.25 de nitrógeno y los suelos con fragmentos gruesos y modificadores desde la superficie (L´ak) con nivel muy bajo menor de 0.05 de nitrógeno; todos estos suelos por sus características de la escala de clasificación, podrán producir los cultivos con altos niveles de fertilización con K, así como también con altos niveles de insumos cal o dolomita y debido a la presencia de modificadores texturales el costo de corregir las limitaciones bajo circunstancias actuales será

alto (Cuadro 24). Para FERNANDEZ (2006) el nitrógeno puede llegar al suelo gracias a los aportes de materia orgánica y a la fijación bacteriana a partir del aire. El contenido bajo, medio y alto de materia orgánica y nitrógeno con niveles bajos y medio estarían obedeciendo a la hojarasca presente en el suelo, a diferencia en niveles de contenido por la altitud y unidad fisiográfica y a la estrecha relación C/N, (CEPEDA, 1991).

La distribución del fósforo disponible en el suelo por unidades fisiográficas microcuenca Picuroyacu, agrupa al tipo de suelo con texturas de arenas y arenas francas y con modificadores texturales en sus horizontes y son limitados para la producción de cultivos principalmente por presentar un CICE bajo y un bajo contenido de nutrientes (LSak), niveles de fósforo muy alta mayor a 25 ppm, suelos con modificadores texturales (Lak) con una pendiente de 15%, nivel adecuado de 7 a 15 ppm de fósforo, suelos con modificadores texturales (La) con 40% de pendiente, nivel bajo menor a 5.5 ppm de fósforo y suelos con modificadores texturales desde la superficie (Lak) con pendiente de 40%, con nivel alta de 15 – 25 ppm de fósforo, todos estos suelos por sus características de la escala de clasificación, podrán producir los cultivos con altos niveles de fertilización con K, así como también con altos niveles de insumos cal o dolomita y debido a la presencia de modificadores texturales el costo de corregir las limitaciones bajo circunstancias actuales será alto (Cuadro 25). Al respecto se conoce que el pH controla la dinámica del fósforo. Para FASSBENDER (1987) la capacidad de fijación del P correlaciona significativamente con el contenido de materia orgánica, hidróxidos libres de aluminio, hierro y arcilla de los suelos; los factores más importantes son el pH y el contenido de hidróxidos libres de Fe y la

materia orgánica. El mismo autor indica que la adsorción de iones fosfato a la superficie del complejo coloidal como partículas de arcilla, material orgánico e hidróxidos de Al y Fe, es debido a las cargas electropositivas de la superficie de estos componentes.

La distribución del potasio disponible en el suelo por unidades fisiográficas microcuenca Picuroyacu, agrupa al tipo de suelos con texturas de arenas y arenas francas y con modificadores texturales en sus horizontes y son limitados para la producción de cultivos principalmente por presentar un CICE bajo y un bajo contenido de nutrientes (LSak), suelos con modificadores texturales (Lak) con una pendiente de 15%, suelos con modificadores texturales (La) con 40% de pendiente y los suelos con modificadores texturales desde la superficie (Lak) con pendiente de 40%, todos estos suelos por la fisiografía del terreno presentan niveles bajo de potasio menor a 300 kg/ha; todos estos suelos por sus características de la escala de clasificación, podrán producir los cultivos con altos niveles de fertilización con K, así como también con altos niveles de insumos cal o dolomita y debido a la presencia de modificadores texturales el costo de corregir las limitaciones bajo circunstancias actuales será alto (Cuadro 26). Para FASSBENDER (1987) indica que los factores que influyen sobre los nutrientes en el suelo son el régimen hídrico, la actividad biológica que a su vez depende del pH y la fertilización; en cuanto al potasio, calcio y magnesio como en estos suelos presentan pH bajos, las arcillas en estos suelos generan cargas positivas que impiden la adsorción del potasio, facilitando la remoción por el agua teniendo; hay que tener en cuenta que esta zona es de alta precipitación donde se desarrolló la investigación.

VI. CONCLUSIONES

1. El 50% del área de la microcuenca Picuroyacu presentan una clase textural franco arcilloso, seguido de la textura franca con 33.3%, en menor proporción la textura franca arcillo arenoso con 8.33% y la textura arenoso franco, las densidades y resistencia a la penetración van desde suelos suaves a suelos moderadamente duros, aptos para cultivos con manejo adecuado.
2. Los tipos de suelos encontrados son indicadores directos de problemas de manejo de fertilidad que limitan el manejo y la producción de los cultivos de plátano, maíz, cítricos, café en la parte alta y cacao de la variedad CCN-51 y criollo en la parte media y baja de la cuenca, requieren de prácticas agrícolas y un análisis de suelos para su dosificación con fertilizantes (N, P, K).
3. La distribución de las unidades fisiográficas de acuerdo a los factores limitantes de fertilidad microcuenca Picuroyacu presentan un pH desde extremadamente ácido a moderadamente alcalino, MO con niveles medio y alto, N niveles muy bajo a muy altos, P niveles bajo hasta muy alto y K niveles bajo.

VII. RECOMENDACIONES

1. Es recomendable la clasificación FCC para una agricultura intensiva por la utilización de alto nivel de insumos para producir cualquier tipo de cultivo, durante el periodo de establecimiento hasta la producción, más no para una agricultura de subsistencia como es el caso de los agricultores de la microcuenca Picuroyacu.
2. Por las características fisiográficas y la explotación de cultivos ilícitos hicieron que estos suelos quedaran pobres en nutrientes, principalmente Ca, Mg y K; es recomendable realizar la recuperación del suelo, con el sembrío de leguminosas, tales como: mucuna (*Mucuna pruriens*), kudzu (*Pueraria phaseoloides*), calopogonio (*calopogonium mucunoides*), etc.
3. Para aprovechar inmediatamente estos suelos, será necesario aplicar enmiendas a base de dolomita, en cantidades suficientes para disminuir la acidez del suelo, posteriormente se realizar la aplicación de fertilizantes, sí lo requiere el cultivo.
4. No es recomendable instalar cultivos agrícolas en aquellas unidades fisiográficas con pendientes igual o mayores a 50% (CaD1, CaD3, CbD2, CbD3, Ta2), es mejor dejar estos suelos para fines de conservación o realizar netamente actividades forestales, a través del enriquecimiento con especies adaptadas al medio.

5. Se recomienda aplicar también los parámetros biológicos dentro de la investigación para obtener un análisis mas detallado de las características del suelo como limitantes de fertilidad, la cantidad de biomasa o la concentración de bacterias fijadoras de nitrógeno, podrían ser factores limitantes en cuanto a producción y desarrollo del cultivo.

FERTILITY LIMITING FACTORS IN THE PICUROYACU WATERSHED - CASTLE GRANDE DISTRICT

VII. ABSTRACT

The research seeks to represent cartographically the classification of soils according to the limiting factors, adaptability of crops by physiographic units in the Picuroyacu watershed, located in the district of Castillo Grande province Leoncio Prado, Huánuco region. The methodology consisted of compiling the information, elaboration of the physiographic map that served as a base map to determine the number of pits, soil samples and determine the physical and chemical properties; classify the soils according to the limiting factors and the adaptability of the crops by physiographic units and represent them through the thematic maps. The results obtained were 50% of the area of the Picuroyacu watershed have a clay loam textural class, followed by the frank texture with 33.3% and in a lesser proportion the sandy clay loam texture with 8.33% and the sandy loam texture, densities and resistance to Penetration ranging from soft soils to moderately hard soils, suitable for crops with proper management, soil types found with the FCC classification are direct indicators of soil fertility management problems that limit the management and production of crops. banana, corn, citrus, coffee in the upper part and cocoa of the variety CCN-51 and Creole in the middle and lower part of the watershed, require agricultural practices and a soil analysis to be dosed with fertilizers (N, P, K) and the distribution of the classification units present pH from extremely acid to moderately alkaline, MO with medium and high levels, N from very low to very high, P from low to very high and K low levels.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACEBEDO, E., XARRASCO, A., LEON, O., SILVA, P., CASTILLO, G., BORIE, G., MARTINEZ, E., GONZALES, S., AHUMADA, I., 2005. Criterios de calidad del suelo agrícola. [En línea]: USDA, (<http://soils.usda.gov/sqi/> informe, 22 Feb. 2006).
- ACHUY, J. 2006. ArcGis; Manual de sistema de información geográfica. Lima - Perú. Editorial Grupo Universitario S.A.C. 321 p.
- AGUILAR, M., AGUILAR, F., CARVAJAL, F., AGÜERA, F. 2001. Evaluación de diferentes técnicas de interpolación espacial para la generación de modelos digitales del terreno agrícola.
- ARÉVALO, L., SANCO, M. 2002. Manual de laboratorio para análisis físico químico del suelo. S.I. ICRF – CHEMONICS. 48 p.
- BOUL, S. W.; HOULE, F. D. y Mc CRACKEN, R.J. 1980. Soil genesis and classification. Iowa.State Press 340 p.
- BUCKMAN, H. 1985. Naturaleza y propiedades de los suelos. Editorial Hispano Americano UTEHA. México. DF México. 509 p.
- CEPEDA, D. 1991. Química de Suelos. 2 ed. Trillas S.A., México. 167 p.
- CRESSIE, N. 1991. Statistics for spatial data. New York, John Wiley.
- CIDRE, (centro de investigación y desarrollo regional) 1989. monografía del trópico, departamento de Cochabamba. Estudios regionales, Cochabamba. Edición CIDRE, la paz-Bolivia. 511 pág.

- CHEN, Z. 2000. Relationship between heavy metal concentrations in soils of Taiwan and uptake by crops. [En línea]: (<http://www.fftc.agnet.org/>, 12 Feb. 2006).
- DE AGUIAR, M. 2008. Qualidade física do solo em sistemas agroflorestais. Universidade Federal de Viçosa. Minas Gerais – Brasil.
- DORAN, J., LINCOLN, N. 1999. Guía para la evaluación de la calidad del suelo. [En línea]: USDA, (<http://soils.usda.gov/sqi>, Documento, 22 Nov. 2005).
- ETCHEVEHERE, P. 1998. Normas de Reconocimiento de Suelos. INTA, IDIA. Buenos, Aires. 326 p.
- FASSBENDER, H. W. 1987 Química de suelos con énfasis en suelos de América latina 2ed. IICA, San José, Costa Rica 479 p.
- FASSBENDER, H., BORNEMISZA, E. 1987. Química de Suelos con énfasis en suelos de América Latina. 2 ed. IICA. San José, Costa Rica. 40 p.
- FELICÍSIMO, A. 1994. Modelos digitales del terreno; Introducción y aplicaciones en las ciencias ambientales. [En línea]: (<http://www.etsimo.uniovi.es/~feli>, documentos, feb. 2013).
- FERRERAS L, MAGRA G; BESSON P; KOVALEVSKI E; GARCIA F., 2007. Indicadores de calidad física en suelos de la región pampeana norte de argentina bajo siembra directa. Ci. Suelo (Argentina) 25(2): 159-172.
- HERNÁNDEZ, R., FERNÁNDEZ, C., BAPTISTA, P. 2006. Metodología de investigación. 4 ed. McGraw-Hill Interamericana. México. 736 p.
- HENRÍQUEZ C., KILLORN, R., BERTSCH, F., SANCHO, F. 2006. La geoestadística en el estudio de la variación espacial de la fertilidad del suelo

- ediante el uso del interpolador kriging. *Agronomía Costarricense*. Vol. 29 (2): 73-81.
- HOLDRIDGE, L. 1986. *Ecología basada en zonas de vida*. Instituto interamericano de cooperación para la agricultura. San José de Costa Rica .216 p.
- IQBAL, J., THOMASSON, J., JENKINS, J., OWENS, P., WHISLER, F. 2005. Spatial variability analysis of soil physical properties of alluvial soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 69: 1338-1350.
- JARAMILLO, D. 2003. *Introducción a la Ciencia del Suelo*. Universidad Nacional de Colombia. Sede Medellín. pp 553-572.
- JOOMLA, 2013. *El agua y cuencas hidrográficas*, Universidad Autónoma del Estado de México [En línea]: <http://idrisi.uaemex.mx/index.php/esta-semana/nocion/lista-de-nociones/46-que-es-una-cuenca-hidrografica>, 10 de junio del 2015.
- LEANDRO, M., 2009. *Caracterización de las cuencas* [En línea]: http://irrigacion.chapingo.mx/planest/documentos/apuntes/hidrologia_sup/CUENCAS.pdf, 10 de junio del 2015.
- LOK, S. 2005. *Determinación y selección de indicadores del sistema suelo-pasto en pastizales dedicados a la producción del ganado vacuno*. Tesis para optar el grado de Doctor en Ciencias Agrícolas. Instituto de ciencia animal. Cuba. 119 p.
- MINAG. 2011. *Cadena agropecuaria de papa. Manejo y fertilidad de suelos. Guía técnica de orientación al productor*. 50 p.

- MINAM. 2010. Manual instructivo para el levantamiento de suelos en base al enfoque territorial para los procesos de macro, meso y micro zonificación ecológica económica. Dirección general de ordenamiento territorial.
- MONTEITH, S. 1994 Mapeo de suelos del chapare con el sistema FCC DAI/USAID. Cochabamba. Bolivia. 27 pág.
- MONTEITH, S. QUIROGA. A y AYAVIRI, T. 1995 Uso de mapas FCC del chapare para el manejo de cultivos prioritarios CORDEP-DA/USAID. Reporte consultoría, 45 p.
- NAVARRO, G. 2003. Química agrícola. El suelo y los elementos químicos esenciales en la vida vegetal. 2 ed. Mundi Prensa, España.
- OLSEN, S. L. E. SOOOERS. 1982. Phosphorus. Methods of soil analysis. Part 2. 2^{da} ed. Agron. Monogr. 9. ASA and SSSA. Madison. WI. 403 – 407 p.
- ONERN. 1984. Estudio de clasificación de suelos Vol. I. Lima, Perú. 58 – 63 p.
- PACHECO, C. 2003. Evaluación de factores de escala en los métodos de digitalización e interpolación para la elaboración de un modelo digital de elevaciones (MDE) en cuencas montañosas. Tesis Magíster Scientiae en Manejo de cuencas hidrográficas. Mérida, Venezuela. Universidad de los Andes.
- SANCHEZ, P. 1981. Suelos del trópico, características y manejo. Traducido por Edilberto Camacho, Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, San José, Costa Rica. 634 p.
- SÁNCHEZ, G. 1995. Fertilización química y orgánica al establecimiento de *Guazuma crinita* Mart. “bolaina blanca” en pasturas degradadas,

- Universidad Nacional de Ucayali, Facultad de Ciencias Agropecuarias – Pucallpa, Perú. 43 p.
- SÁNCHEZ, J. 2007. Fertilidad de suelos y nutrición mineral de plantas. FERTITEC S.A. 19 p.
- SÁNCHEZ, B., RUIZ, M., RIOS, M. 2005. Materia orgánica y actividad biológica del suelo en relación con la altitud, en la cuenca del río Maracay, estado Aragua. Venezuela. *Agronomía Trop.* 55(4): 507-534.
- SHENG, T. 1981. A treatment-oriented land capability Classification Scheme: In report on the Latin American Watershed Management Seminar. FAO. No TA 3112. 40 p.
- SOIL SURVEY STAFF. 1993. Soil survey manual. United States Department of Agriculture. Hnbk no. 18 U.S. Gov. Printing Office, Washington, DC.
- SUB ESTACION BELLA ALTA, 2010. Estación meteorológica instalada en el sector Bella Alta, en el fundo de la familia Morales en el año 2003.
- URIBE, B.I. 1987 Concepto de fertilidad de suelos ácidos CIA XVI-Estación experimental Yurimaguas, programa de suelos tropicales. Lima, Perú.
- USDA.1999. Guía para la evaluación de la calidad y salud del suelo. Departamento de agricultura de los Estados Unidos. 88 p.
- VARGAS, R. 2009. Mapeo digital del suelo y su evaluación con fines de producción de caña de azúcar en los municipios de Ixiamas y San Buenaventura. Conservación Internacional Bolivia y Conservación Estratégica. 140 p.
- WALSH 2006. Plan de Manejo Ambiental: Reinyección de Aguas de Producción y Facilidades de Superficie del Lote 1-AB. Pluspetrol Norte S.A. 32 p.

- WEBSTER, R., BURGESS, T.M. 1980. Optimal interpolation and isarithmic mapping of soil properties. III. Changing drift and Universal Kriging.”
European Journal of Soil Science 31(3): 505-524.
- ZAVALETA, G. 1992. Edafología. El suelo en relación con la producción.
Consejo Nacional de Concentración y Tecnología. Lima, Perú.

ANEXOS

**Anexo 1. Descripción de las propiedades físicas de los suelos cuenca
Picuroyacu**

Cuadro 28. Escala de clasificación FCC (Lak 0 – 10%) de los suelos microcuenca
Picuroyacu

Unidad FCC	Escala de clasificación	Área (ha)	%
Lak	1	137.87	6.21
	2	867.56	39.07
	3	1121.35	50.50
Lak (10%)	2	93.92	4.23
Superficie Total		2220.70	100.00

Cuadro 29. Descripción de las propiedades físicas de los suelos microcuenca
Picuroyacu

Unidad FCC	Escala de clasificación	Área (ha)	%
l'ak	1	137.87	6.21
	2	66.97	3.02
	3	29.05	1.31
L'#ak	2	80.00	3.60
L#ak	2	95.01	4.28
	3	916.35	41.26
Lak	2	173.57	7.82
Lg+ak	2	545.92	24.58
Lgak	3	175.95	7.92
Superficie Total		2220.70	100.00

Cuadro 30. Escala de clasificación de las propiedades físicas de los suelos por unidad FCC microcuenca Picuroyacu

Unidad FCC	Escala de clasificación	Área (ha)	%
l'ak	3	140.92	6.35
L#ak	1	137.87	6.21
	3	120.87	5.44
Lak	2	776.16	34.95
LC#ak (20%)	3	859.56	38.71
Lcak	2	185.31	8.34
Superficie Total		2220.70	100.00

Cuadro 31. Escala de clasificación de las propiedades de los suelos con pendientes de (0% – 40%) microcuenca Picuroyacu

Unidad FCC	Escala de clasificación	Área (ha)	%
La (40%)	2	53.88	2.43
Lak(15%)	1	137.87	6.21
	2	203.14	9.15
Lak (40%)	3	22.34	1.01
Lsak	2	704.46	31.72
Lsak	3	1099.02	49.49
Superficie Total		2220.70	100.00

Cuadro 32. Textura de los suelos microcuenca Picuroyacu.

Descripción	Arena %	Arcilla %	Limo %	Textura
Tb1	17.68	39.04	43.30	Franco arcillo arenoso
Tb2	30.35	36.37	33.28	Franco arcilloso
Ta2	31.68	29.04	39.30	Franco arcilloso
Ta1	37.68	17.04	45.30	Franco
Ta3	83.68	11.04	5.28	Arenoso franco
CbD3	69.68	13.04	17.30	Franco arenoso
CbD1	27.68	39.04	33.30	Franco arcilloso
CbD2	49.68	19.04	31.33	Franco
CaD3	41.68	21.04	37.30	Franco
CaD1	39.01	35.04	25.95	Franco arcilloso
CaD2	41.68	39.04	19.30	Franco arcilloso
Lo	39.68	29.04	31.20	Franco arcilloso
Mb	33.68	19.04	47.30	Franco

Cuadro 33. pH de los suelos microcuenca Picuroyacu.

Unidad FCC	Escala de clasificación	Niveles de pH	Descripción	Área (ha)	%
l'ak	1	6.6 - 7.3	Neutro	137.87	6.21
	2			66.97	3.02
	3			29.05	1.31
L'#ak	2	5.5 - 6.5	Moderadamente ácido	80.00	3.60
				L#ak	95.01	4.28
	3			916.35	41.26
Lak	2	< 4.5	Extremadamente ácido	173.57	7.82
Lg+ak	2	4.6 - 5.4	Fuertemente ácido	545.92	24.58
Lgak	3	7.4 - 8.5	Moderadamente alcalino	175.95	7.92
Superficie Total				2220.70	100.00

Cuadro 34. Materia orgánica de los suelos microcuenca Picuroyacu.

Unidad FCC	Escala de clasificación	Niveles de Materia orgánica (%)	Descripción	Área (ha)	%
Lcak	1	2 - 4	Medio	137.87	6.21
	2			283.48	12.77
	3			1099.02	49.49
Lg+ak	2	Mayor a 4	Alto	678.00	30.53
	3			22.34	1.01
Superficie Total				2220.70	100.00

Cuadro 35. Niveles de nitrógeno en los suelos microcuenca Picuroyacu.

Unidad FCC	Escala de clasificación	Niveles de Nitrógeno (%)	Descripción	Área (ha)	%
l'ak	3	Menor de 0.05	Muy bajo	140.92	6.35
L#ak	1	0.05 - 0.10	Bajo	137.87	6.21
	3			120.87	5.44
Lak	2	0.10 - 0.15	Medio	776.16	34.95
LC#ak (20%)	3	0.15 - 0.25	Alto	859.56	38.71
Lcak	2	Mayor a 0.25	Muy alto	185.31	8.34
Superficie Total				2220.70	100.00

Cuadro 36. Niveles de fósforo en los suelos microcuenca Picuroyacu.

Unidad FCC	Escala de clasificación	Niveles de Fósforo ppm	Descripción	Área (ha)	%
La (40%)	2	Menor a 5.5	Baja	53.88	2.43
Lak(15%)	1	7 - 15	Adecuada	137.87	6.21
	2			203.14	9.15
Lak (40%)	3	15 - 25	Alta	22.34	1.01
Lsak	2	Mayor a 25	Muy alta	704.46	31.72
Lsak	3			1099.02	49.49
Superficie Total				2220.70	100.00

Cuadro 37. Niveles de potasio en los suelos microcuenca Picuroyacu.

Unidad FCC	Escala de clasificación	Niveles de Potasio (kg/ha)	Descripción	Área (ha)	%
La (40%)	2	Menor a 300	Muy baja	53.88	2.43
Lak(15%)	1			137.87	6.21
	2			203.14	9.15
Lak (40%)	3			22.34	1.01
Lsak	2			704.46	31.72
Lsak	3			1099.02	49.49
Superficie Total				2220.70	100.00

Anexo 2. Panel fotográfico



Figura 4. Georreferenciación cerca al recreo aserradero microcuenca Picuroyacu



Figura 5. Georreferenciación en Pueblo Joven 1° de mayo microcuenca Picuroyacu



Figura 6. Georreferenciación cultivo de cacao microcuenca Picuroyacu



Figura 7. Georreferenciación centro poblado Picuroyacu bajo



Figura 8. Inicio calicata en cultivo de cacao parte media microcuenca Picuroyacu



Figura 9. Inicio calicata en pasto parte alta microcuenca Picuroyacu



Figura 10. Calicata en pasto parte media microcuenca Picuroyacu



Figura 11. Calicata en pasto parte baja microcuenca Picuroyacu.

Anexo 3. Análisis de suelos microcuenca Picuroyacu



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Tingo María

Facultad de Agronomía - Laboratorio de Análisis de Suelos

Av. Universitaria s/n Tele. (064) 562342 Anexo 283 Fax (064) 561156 Apto. 156



ANALISIS DE SUELOS

Procedencia: Picuroyacu - Castillo Grande

Solicitante: Bach. Darwin Silva Gonzales

DESCRIP	CE mmh/cm	ANALISIS MECANICO				pH 01:01	CO ₃ Ca %	M.O. %	N %	P ppm	K ₂ O kg/ha	CAMBIABLES Cmol(+)/Kg								%	%	%			
		Arena %	Arcilla %	Limo %	Textura							CIC	Ca	Mg	K	Na	Al	H	CICe				Bas.Camb	Ac.Camb	Sat. Al
Tb1		17.68	39.04	43.3	Franco Arcillo Arenoso	5.54		0.43	0.02	7.86	111.7	10.96	8.29	2.67	0	0	0.3	0	-	100	0	0			
Tb2		30.35	36.37	33.3	Franco Arcilloso	5.05		2.82	0.13	20.01	145.89	-	4.64	1.06	0	0	0.3	0.2	6.19	92.04	7.96	5.41			
Ta2		31.68	29.04	39.3	Franco Arcilloso	4.2		4.77	0.21	44.02	67.31	-	2.4	1.08	0	0	1.7	0.4	5.54	62.69	37.31	30.2			
Ta1		37.68	17.04	45.3	Franco	5.11		1.52	0.07	10.75	115.41	-	7.65	1.28	0	0	0.6	0.4	9.92	90.07	9.93	5.91			
Ta3		83.68	11.04	5.28	Arenoso Franco	8.26		4.2	0.19	11.04	32.46	6.37	4.3	1.53	0.1	0.5	0	0	-	100	0	0			
CbD3		69.68	13.04	17.3	Franco Arenoso	6.28		1.41	0.06	59.36	112.63	15.93	12.1	3.17	0.2	0.4	0	0	-	100	0	0			
CbD1		27.68	39.04	33.3	Franco Arcilloso	5.72		3.89	0.18	38.82	130.25	11.46	8.91	2.02	0.1	0.5	0	0	-	100	0	0			
CbD2		49.68	19.04	31.3	Franco	6.1		2.47	0.11	28.98	125.09	13.18	11.2	1.42	0.1	0.5	0	0	-	100	0	0			
CaD3		41.68	21.04	37.3	Franco	6.25		1.41	0.06	36.21	136.08	13.38	11.3	1.57	0.1	0.5	0	0	-	100	0	0			
CaD1		39.01	35.04	26	Franco Arcilloso	6.22		0.43	0.02	39.4	67.58	22.74	20.4	1.9	0	0.5	0	0	-	100	0	0			
CaD2		41.68	39.04	19.3	Franco Arcilloso	4.58		3.22	0.14	27.53	67.71	-	1.65	0.89	0	0	2.4	0.4	5.4	47.09	52.91	44.97			
Lo		39.68	29.04	31.3	Franco Arcilloso	4.89		0.43	0.02	2.07	161.26	-	2.82	1.37	0	0	3.2	0.7	8.03	52.15	47.85	39.63			
Mb		33.68	19.04	47.3	Franco	5.1		1.3	0.06	16.25	74.07	-	3.56	0.9	0	0	1	0.3	5.74	77.68	22.32	17.51			

Anexo 4. Mapas

Figura 12. Mapa de ubicación microcuenca Picuroyacu.

Figura 13. Mapa fisiográfico microcuenca Picuroyacu.

Figura 14. Mapa factores limitantes de fertilidad de los suelos por unidades fisiográficas (0 – 10%) microcuenca Picuroyacu.

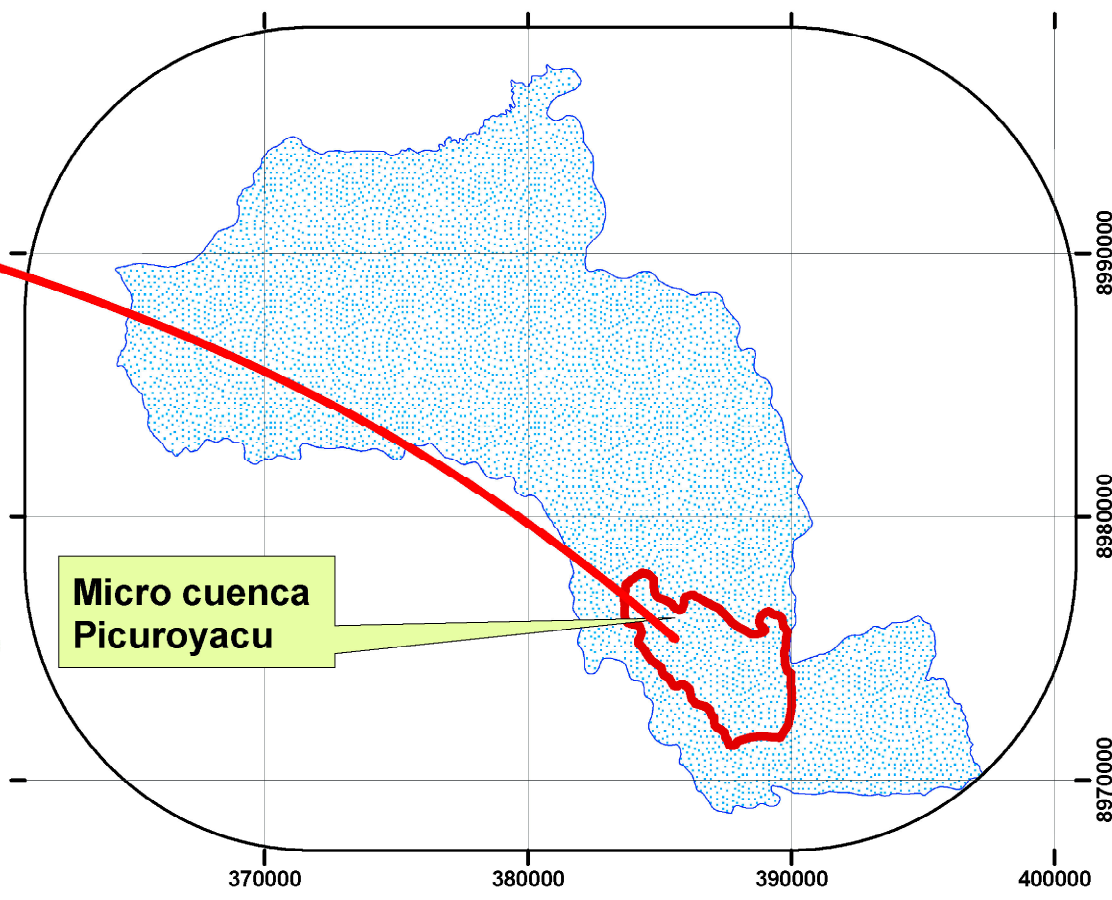
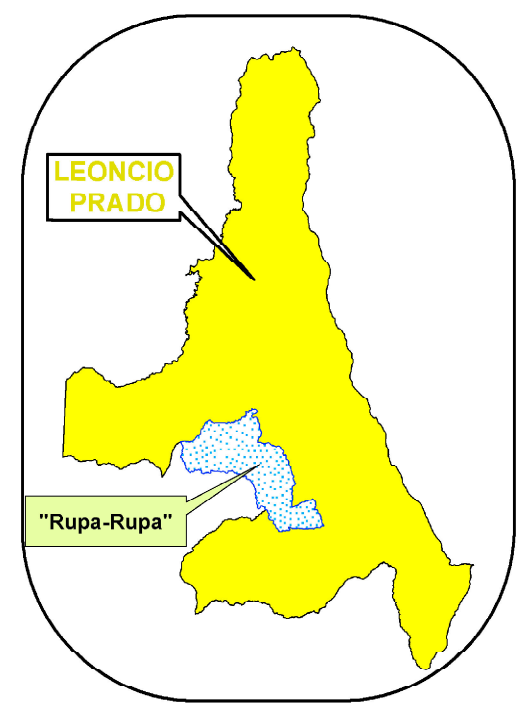
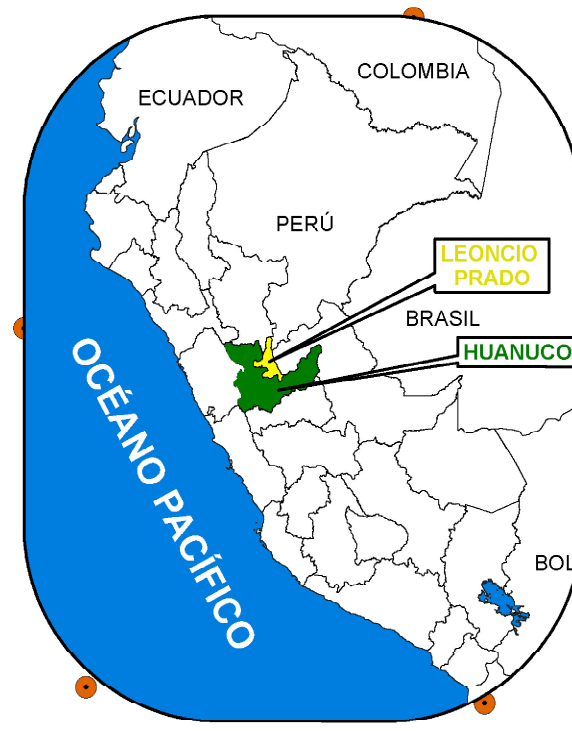
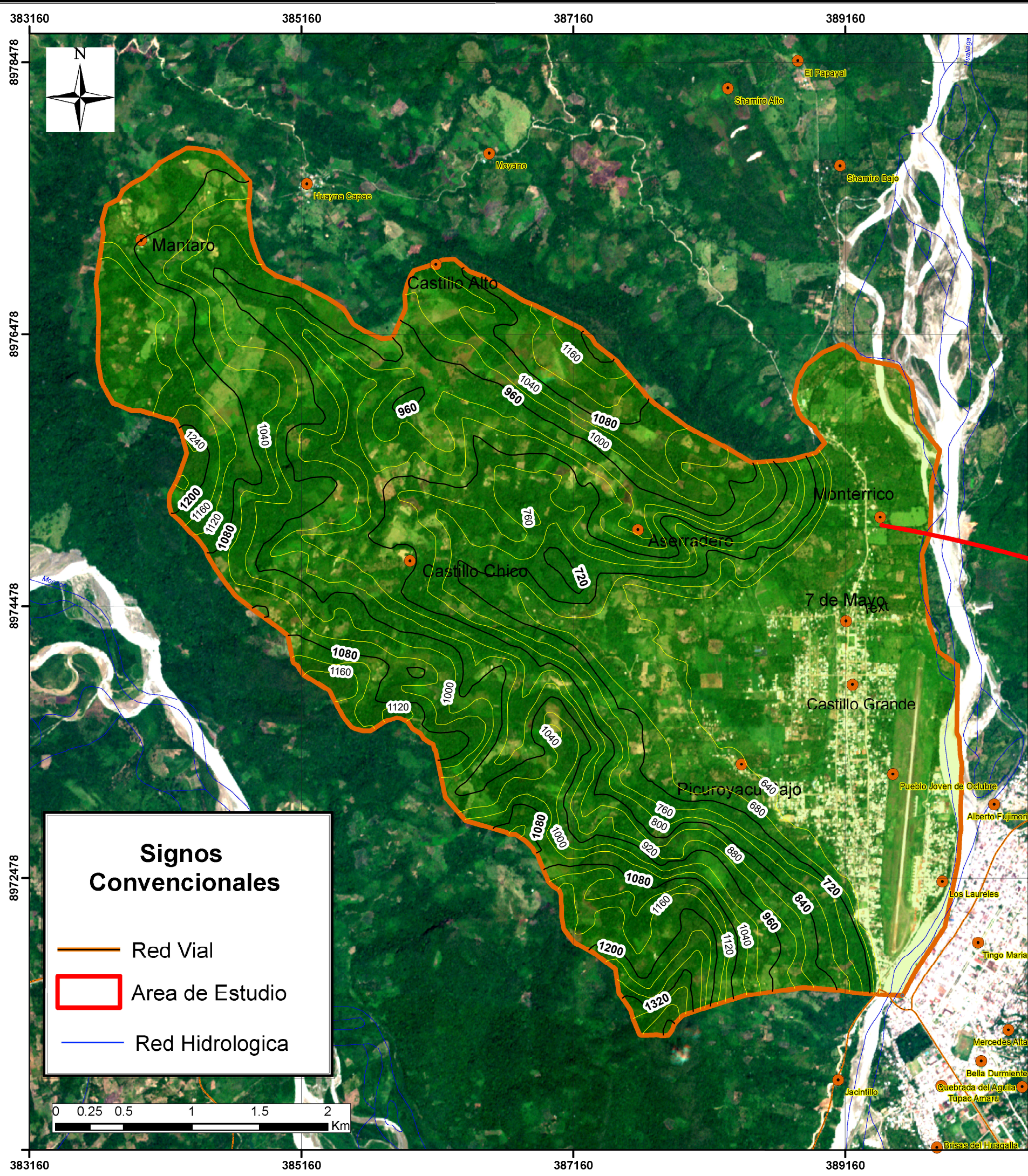
Figura 15. Mapa Niveles de pH del suelo de acuerdo con sus factores limitantes de fertilidad de los suelos microcuenca Picuroyacu.

Figura 16. Mapa Niveles de materia orgánica del suelo de acuerdo con sus factores limitantes de fertilidad de suelos microcuenca Picuroyacu.

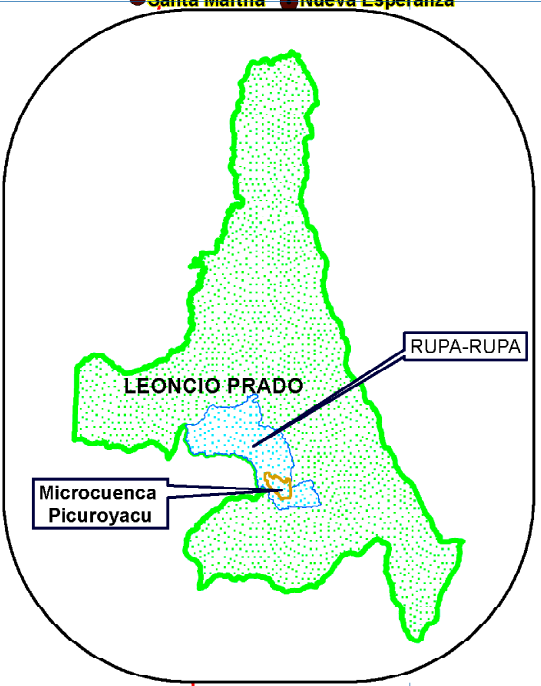
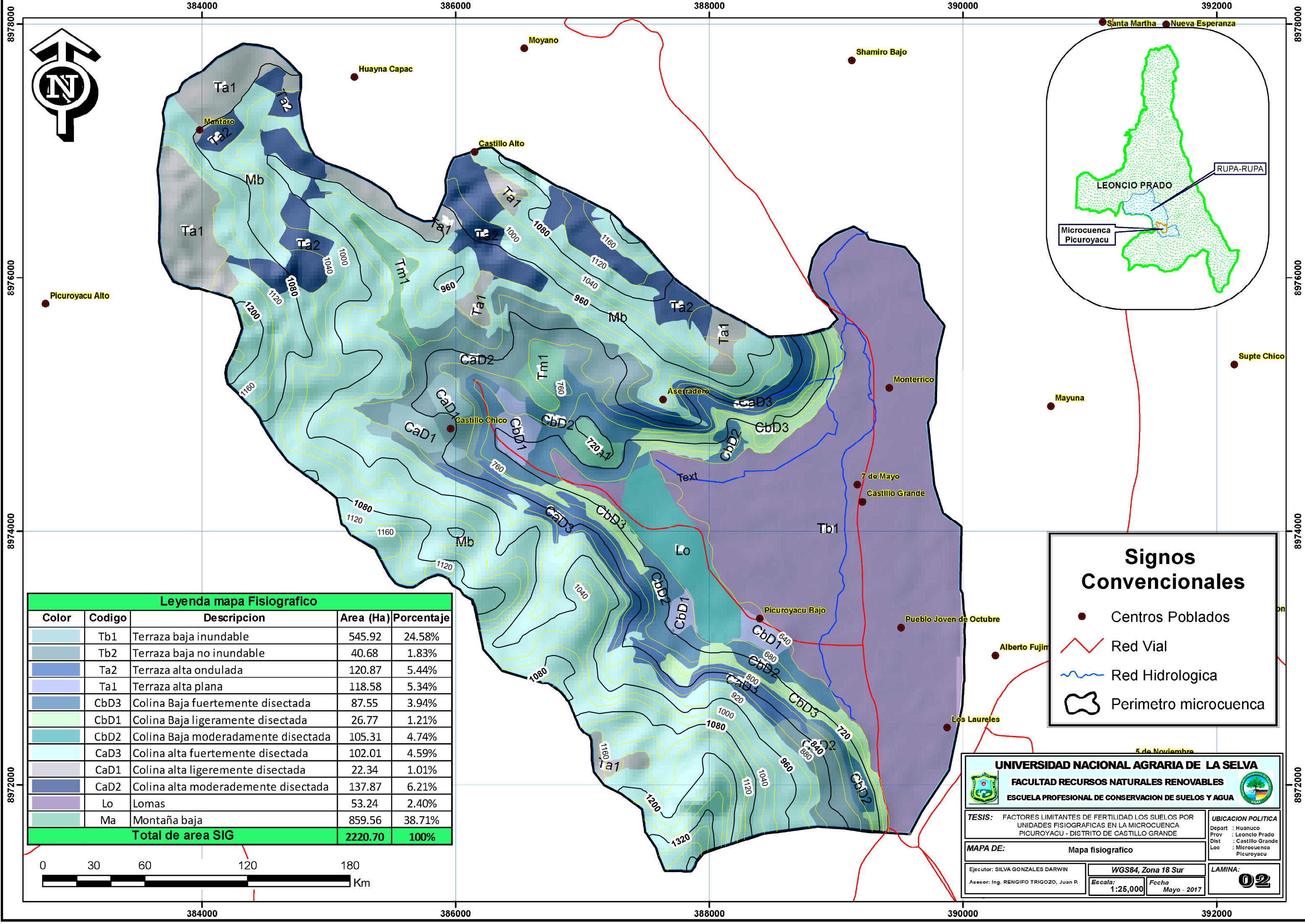
Figura 17. Mapa Niveles de nitrógeno del suelo de acuerdo con sus factores limitantes de fertilidad de suelos microcuenca Picuroyacu.

Figura 18. Mapa Niveles de fósforo del suelo de acuerdo con sus factores limitantes de fertilidad del suelo microcuenca Picuroyacu.

Figura 19. Mapa de Pendientes de suelo microcuenca Picuroyacu.



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA		
FACULTAD RECURSOS NATURALES RENOVABLES		
ESCUELA PROFESIONAL DE CONSERVACION DE SUELOS Y AGUA		
TESIS:	Factores Limitantes de Fertilidad de los Suelos por Unidades Fisiograficas en la microcuenca Picuroyacu - Distrito de castillo Grande.	UBICACION POLITICA Depart : Huanuco Prov : Leoncio Prado Dist : Castillo Grande Loc : Microcuenca Picuroyacu
MAPA DE:	MAPA DE UBICACION DE LA MICROCUENCA PICUROYACU	
Ejecutor: SILVA GONZALES DARWIN	WGS84, Zona 18 Sur	LAMINA: 01
Asesor: Ing. RENGIFO TRIGOZO, Juan P.	Escala: 1:30,000	Fecha Mayo - 2017



Leyenda mapa Fisiografico

Color	Codigo	Descripcion	Area (Ha)	Porcentaje
[Light Blue]	Tb1	Terraza baja inundable	545.92	24.58%
[Medium Blue]	Tb2	Terraza baja no inundable	40.68	1.83%
[Dark Blue]	Ta2	Terraza alta ondulada	120.87	5.44%
[Light Purple]	Ta1	Terraza alta plana	118.58	5.34%
[Dark Blue]	CbD3	Colina Baja fuertemente disectada	87.55	3.94%
[Light Green]	CbD1	Colina Baja ligeramente disectada	26.77	1.21%
[Medium Green]	CbD2	Colina Baja moderadamente disectada	105.31	4.74%
[Light Blue]	CaD3	Colina alta fuertemente disectada	102.01	4.59%
[Medium Blue]	CaD1	Colina alta ligeramente disectada	22.34	1.01%
[Dark Blue]	CaD2	Colina alta moderadamente disectada	137.87	6.21%
[Purple]	Lo	Lomas	53.24	2.40%
[Light Green]	Ma	Montaña baja	859.56	38.71%
Total de area SIG			2220.70	100%

Signos Convencionales

- Centros Poblados
- Red Vial
- Red Hidrologica
- Perimetro microcuenca



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD RECURSOS NATURALES RENOVABLES
ESCUELA PROFESIONAL DE CONSERVACION DE SUELOS Y AGUA

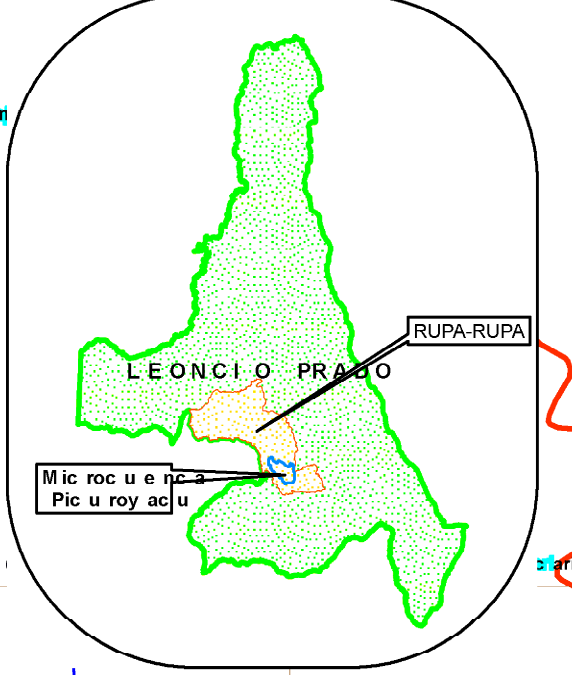
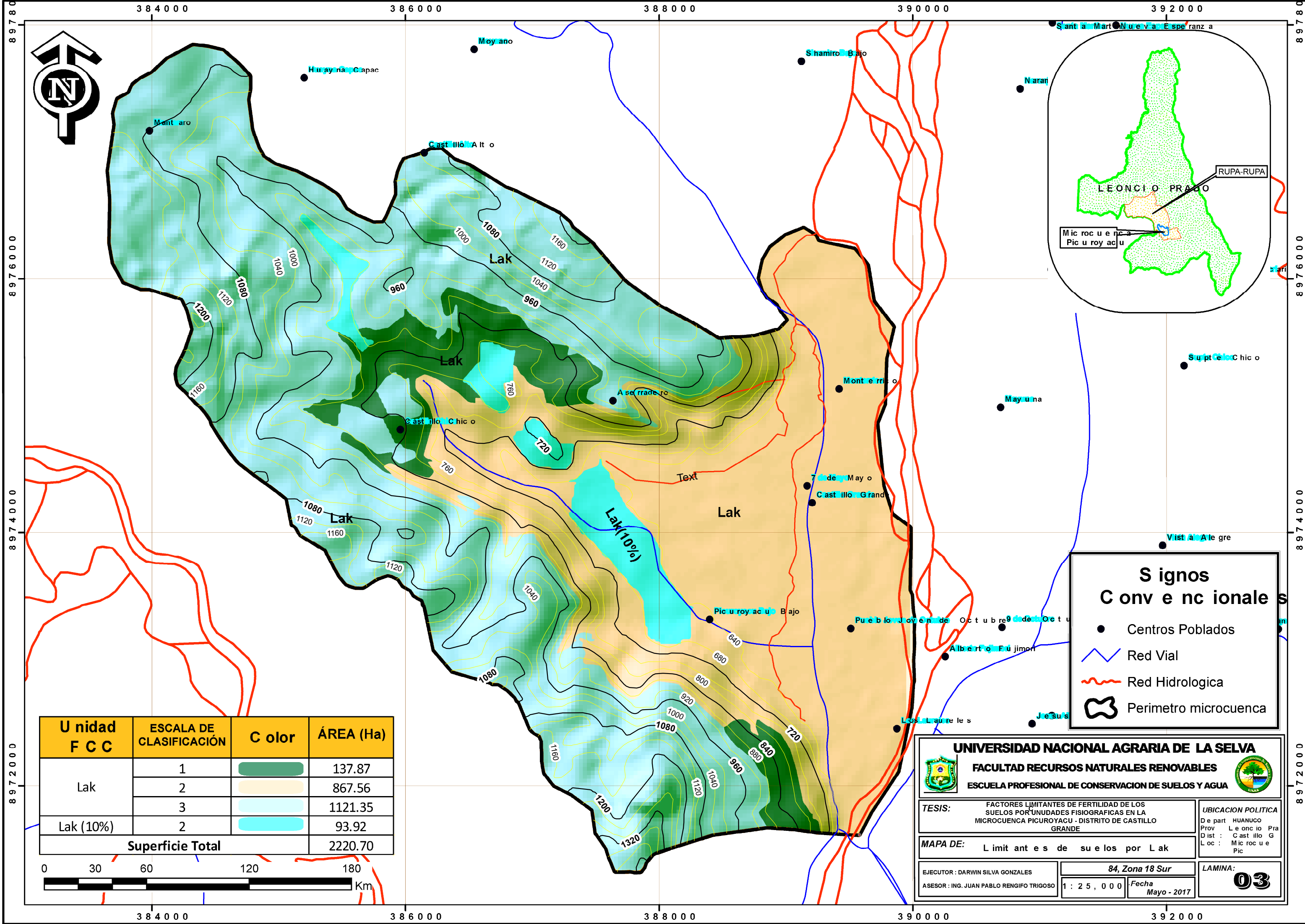
TESIS: FACTORES LIMITANTES DE FERTILIDAD LOS SUELOS POR UNIDADES FISIOGRAFICAS EN LA MICROCUENCA PICUROYACU - DISTRITO DE CASTILLO GRANDE

UBICACION POLITICA
 Depart : Huanuco
 Prov : Leoncio Prado
 Dist : Castillo Grande
 Loc : Microcuenca Picuroyacu

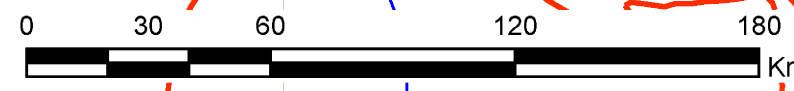
MAPA DE: Mapa fisiografico

Ejecutor: SILVA GONZALES DARWIN
 WGS84, Zona 18 Sur
 Escala: 1:25,000
 Fecha: Mayo - 2017

LAMINA: **02**



U nidad F C C	ESCALA DE CLASIFICACIÓN	C olor	ÁREA (Ha)
Lak	1		137.87
	2		867.56
	3		1121.35
Lak (10%)	2		93.92
Superficie Total			2220.70



Signos Convencionales

- Centros Poblados
- Red Vial
- Red Hidrologica
- Perimetro microcuena

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD RECURSOS NATURALES RENOVABLES
ESCUELA PROFESIONAL DE CONSERVACION DE SUELOS Y AGUA

TESIS: FACTORES LIMITANTES DE FERTILIDAD DE LOS SUELOS POR UNIDADES FISIOGRAFICAS EN LA MICROCUENCA PICUROYACU - DISTRITO DE CASTILLO GRANDE

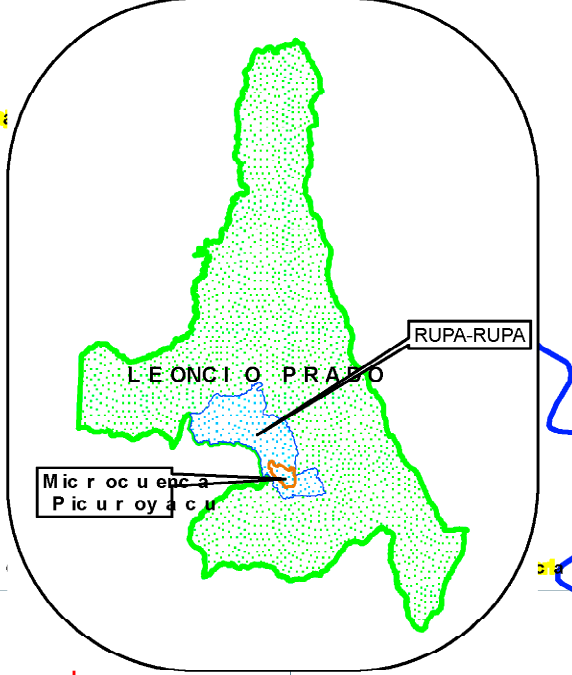
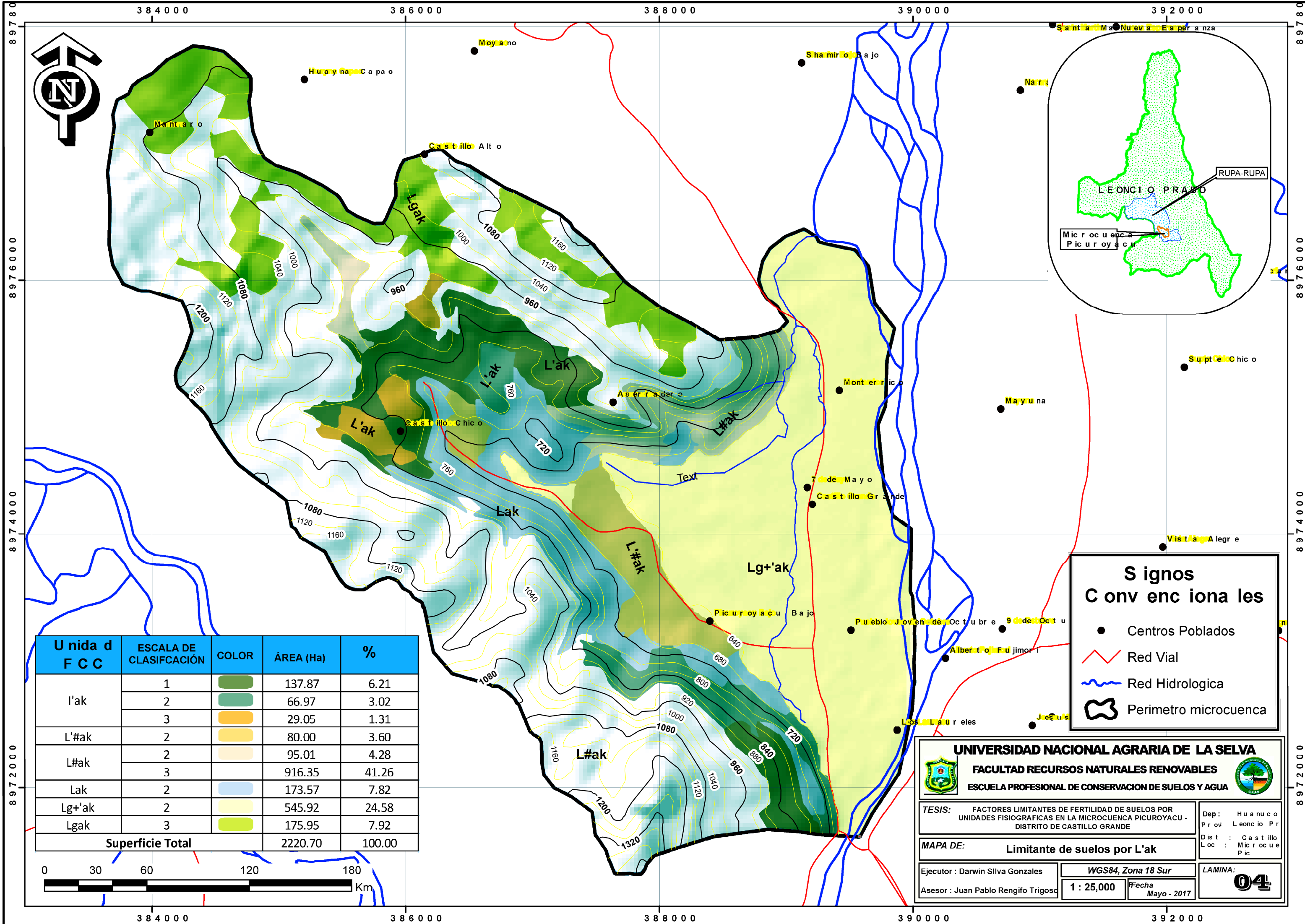
MAPA DE: Limitantes de suelos por Lak

EJECUTOR: DARWIN SILVA GONZALES
ASESOR: ING. JUAN PABLO RENGIFO TRIGOSO

UBICACION POLITICA: De part HUANUCO, Prov Leoncio Prado, Dist: Castillo Grande, Loc: Microyacu Picuroyacu

LAMINA: **03**

84, Zona 18 Sur
1 : 2 5 , 0 0 0
Fecha Mayo - 2017



Unidad FCC	ESCALA DE CLASIFICACIÓN	COLOR	ÁREA (Ha)	%
l'ak	1		137.87	6.21
	2		66.97	3.02
	3		29.05	1.31
L#ak	2		80.00	3.60
	3		95.01	4.28
Lak	2		173.57	7.82
	3		916.35	41.26
Lg+'ak	2		545.92	24.58
Lgak	3		175.95	7.92
Superficie Total			2220.70	100.00

Signos Convencionales

- Centros Poblados
- Red Vial
- Red Hidrológica
- Perimetro microcuena

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD RECURSOS NATURALES RENOVABLES
ESCUELA PROFESIONAL DE CONSERVACION DE SUELOS Y AGUA

TESIS: FACTORES LIMITANTES DE FERTILIDAD DE SUELOS POR UNIDADES FISIOGRAFICAS EN LA MICROCUENA PICUROYACU - DISTRITO DE CASTILLO GRANDE

MAPA DE: Limitante de suelos por L'ak

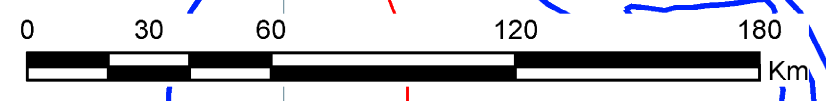
Ejecutor : Darwin Silva Gonzales
 Asesor : Juan Pablo Rengifo Trigoso

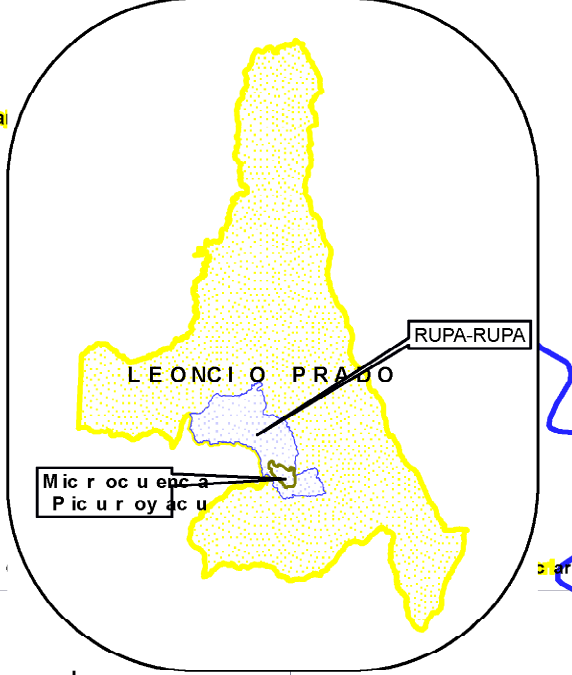
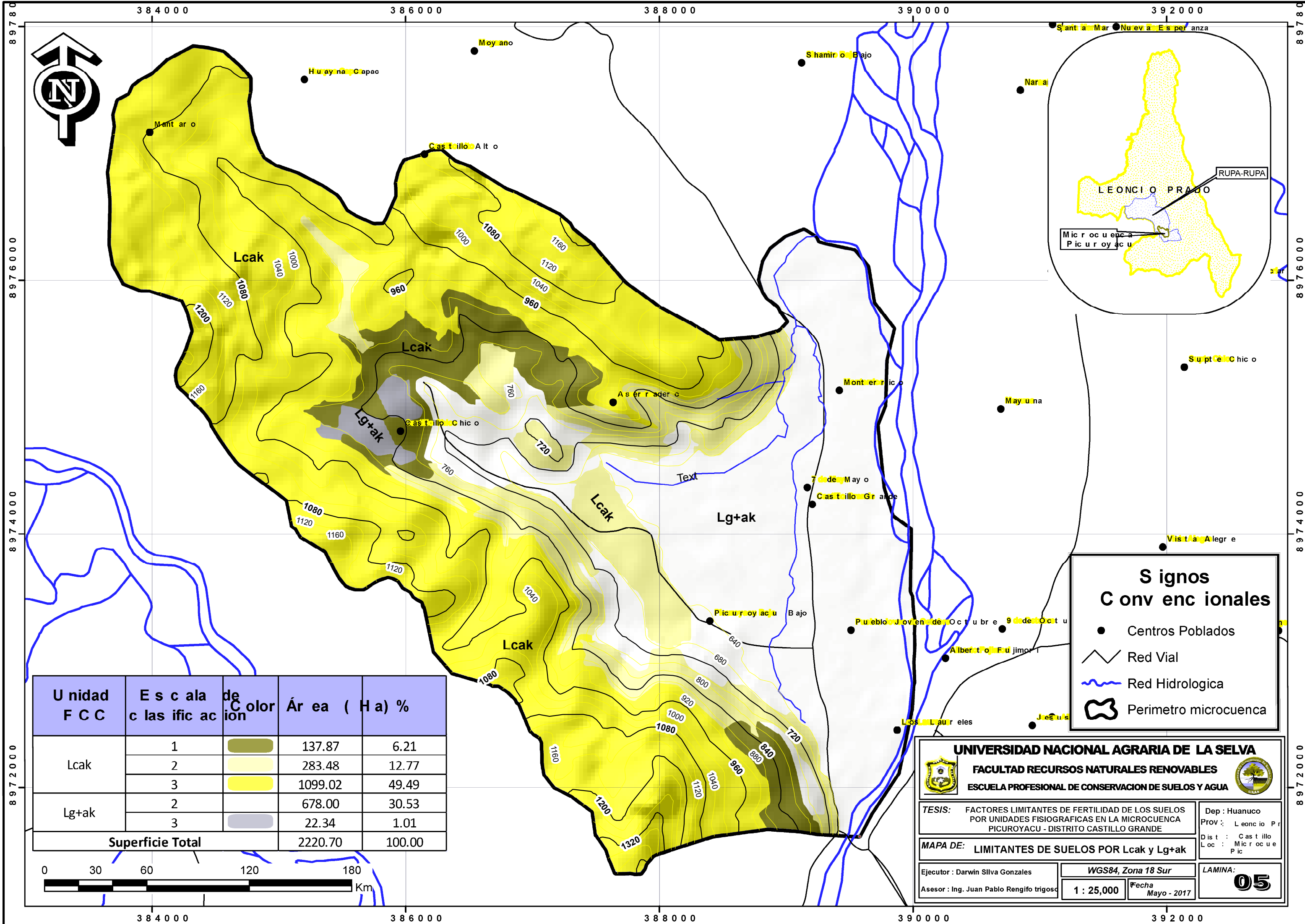
WGS84, Zona 18 Sur
 1 : 25,000

Fecha
 Mayo - 2017

Dep : Huancayo
 Prov : Leoncio Prado
 Dist : Castillo Grande
 Loc : Microcuenca Picuroyacu

LAMINA:
04

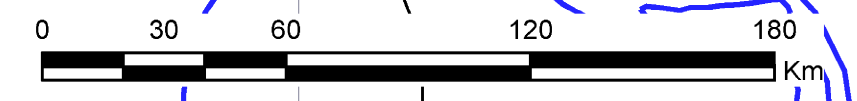




Signos Convencionales

- Centros Poblados
- Red Vial
- ~ Red Hidrológica
- ⬭ Perimetro microcuenca

Unidad FCC	Escala de Clasificación	Color	Área (Ha)	%
Lcak	1		137.87	6.21
	2		283.48	12.77
	3		1099.02	49.49
Lg+ak	2		678.00	30.53
	3		22.34	1.01
Superficie Total			2220.70	100.00



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD RECURSOS NATURALES RENOVABLES
ESCUELA PROFESIONAL DE CONSERVACION DE SUELOS Y AGUA

TESIS: FACTORES LIMITANTES DE FERTILIDAD DE LOS SUELOS POR UNIDADES FISIOGRAFICAS EN LA MICROCUENCA PICUROYACU - DISTRITO CASTILLO GRANDE

MAPA DE: LIMITANTES DE SUELOS POR Lcak y Lg+ak

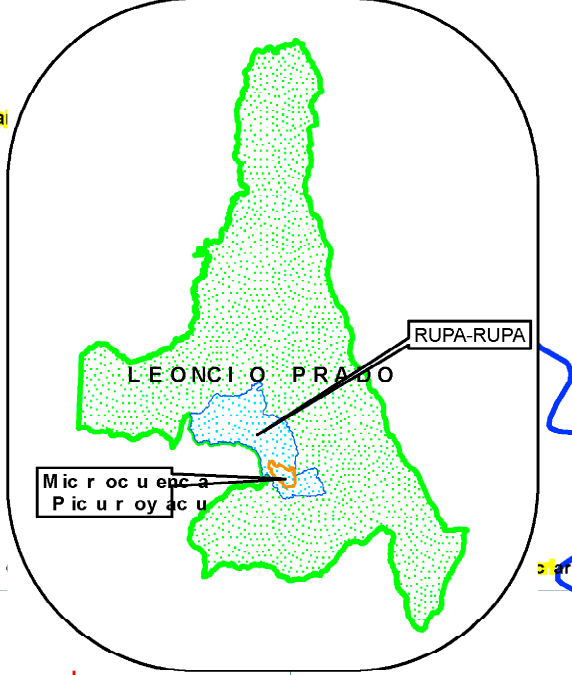
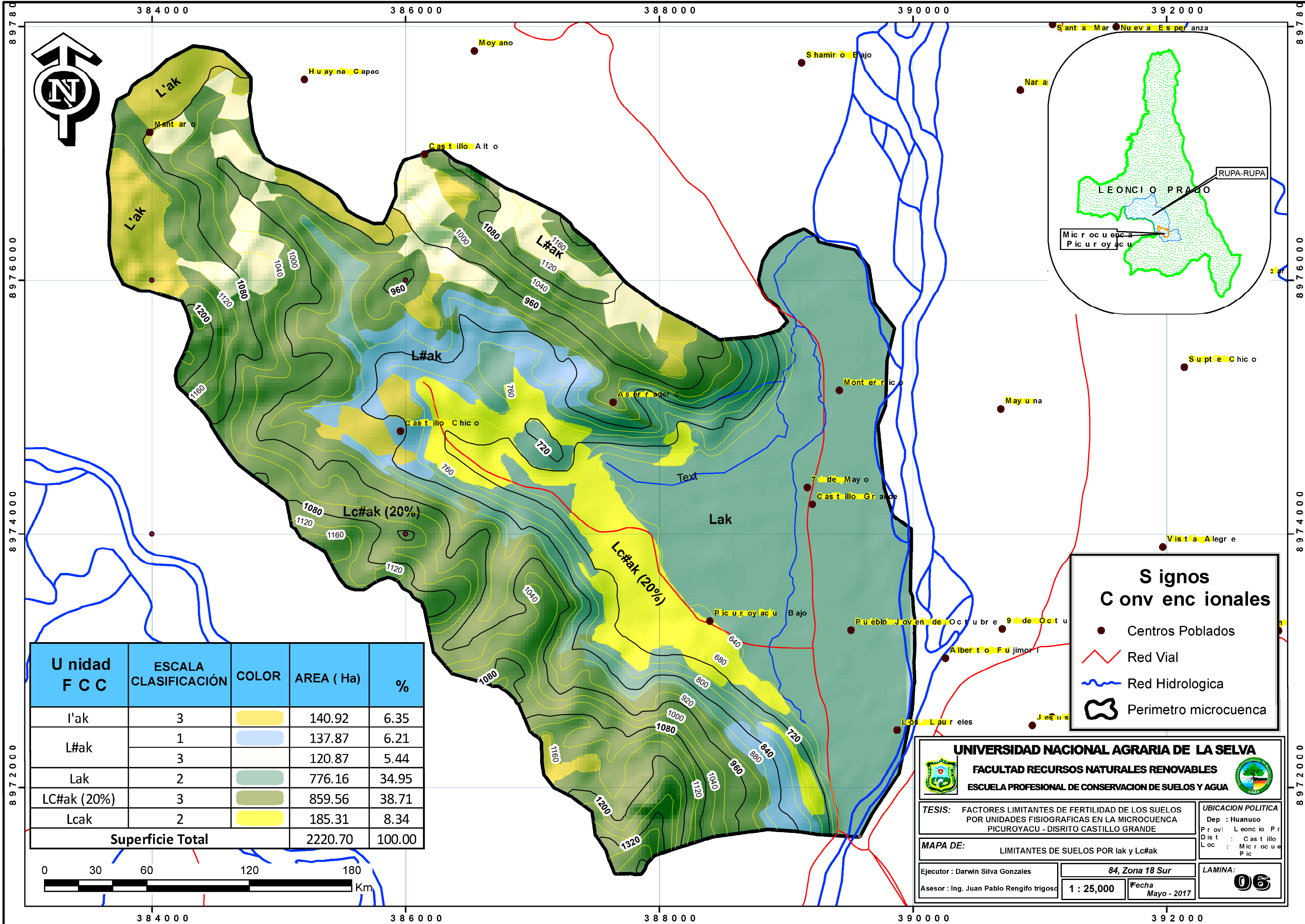
Ejecutor : Darwin Silva Gonzales
 Asesor : Ing. Juan Pablo Rengifo trigoso

WGS84, Zona 18 Sur
 1 : 25,000

Fecha
 Mayo - 2017

Dep : Huanuco
 Prov : Leoncio Prado
 Dist : Castillo Picuroyacu

LAMINA:
05



Unidad FCC	ESCALA CLASIFICACIÓN	COLOR	AREA (Ha)	%
l'ak	3	[Yellow]	140.92	6.35
L#ak	1	[Light Blue]	137.87	6.21
	3	[Light Green]	120.87	5.44
Lak	2	[Medium Green]	776.16	34.95
LC#ak (20%)	3	[Dark Green]	859.56	38.71
Lcak	2	[Light Yellow]	185.31	8.34
Superficie Total			2220.70	100.00

Signos Convencionales

- Centros Poblados
- Red Vial
- Red Hidrologica
- ⬭ Perimetro microcuenca

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD RECURSOS NATURALES RENOVABLES
ESCUELA PROFESIONAL DE CONSERVACION DE SUELOS Y AGUA

TESIS: FACTORES LIMITANTES DE FERTILIDAD DE LOS SUELOS POR UNIDADES FISIOGRAFICAS EN LA MICROCUENCA PICUROYACU - DISTRITO CASTILLO GRANDE

MAPA DE: LIMITANTES DE SUELOS POR lak y Lc#ak

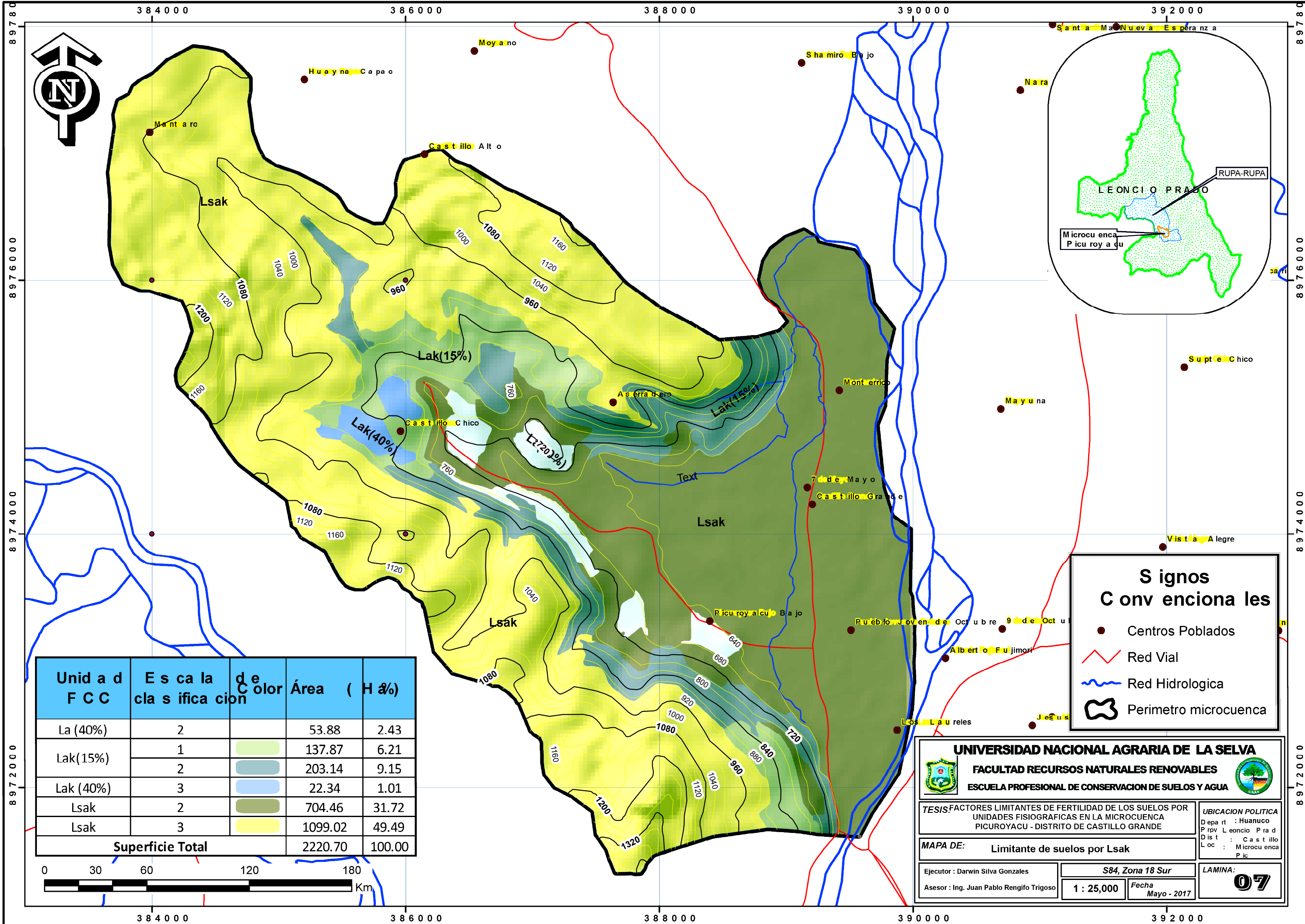
Ejecutor : Darwin Silva Gonzales
 Asesor : Ing. Juan Pablo Rengifo trigoso

84, Zona 18 Sur
 Fecha Mayo - 2017

UBICACION POLITICA
 Dep : Huanuco
 Pr ov : Leoncio Pr
 Dist : Cast illo
 Loc : Mic r oc ue
 Pic

LAMINA: **06**





Unidad FCC	Escala clasificación	Color	Área (H %)	H %
La (40%)	2		53.88	2.43
Lak(15%)	1		137.87	6.21
	2		203.14	9.15
Lak (40%)	3		22.34	1.01
Lsak	2		704.46	31.72
Lsak	3		1099.02	49.49
Superficie Total			2220.70	100.00

Signos Convencionales

- Centros Poblados
- Red Vial
- Red Hidrológica
- Perimetro microcuencia

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD RECURSOS NATURALES RENOVABLES
ESCUELA PROFESIONAL DE CONSERVACION DE SUELOS Y AGUA

UBICACION POLITICA
 Depa rt : Huanuco
 P rov L eoncio P ra d
 Dis t : Ca st illo
 Loc : M icrocu enca P ic

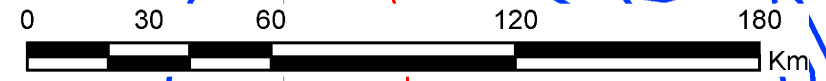
TESIS: FACTORES LIMITANTES DE FERTILIDAD DE LOS SUELOS POR UNIDADES FISIOGRAFICAS EN LA MICROCUENCA PICUROYACU - DISTRITO DE CASTILLO GRANDE

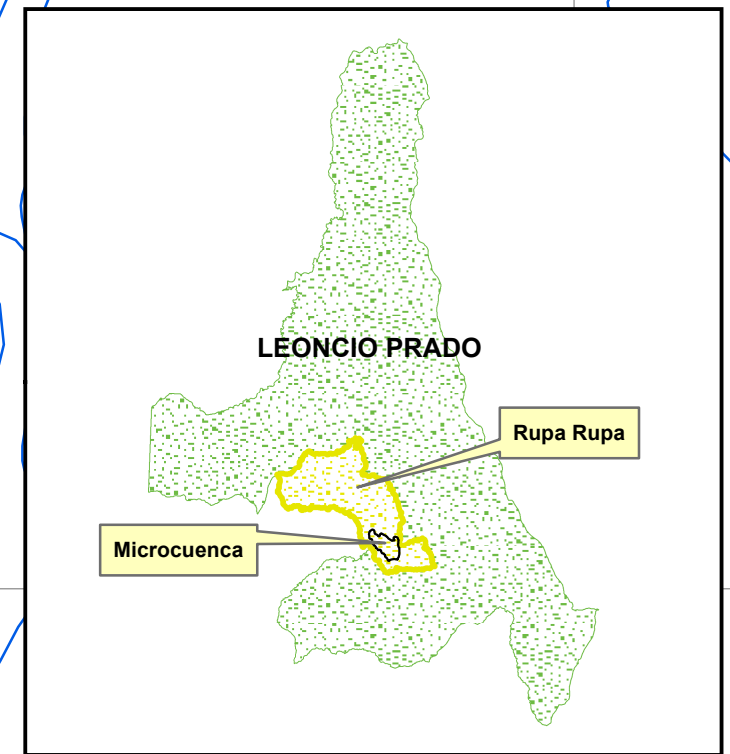
MAPA DE: Limitante de suelos por Lsak

Ejecutor : Darwin Silva Gonzales
 Asesor : Ing. Juan Pablo Rengifo Trigos

S84, Zona 18 Sur
1 : 25,000
Fecha
 Mayo - 2017

LAMINA:
07





LEYENDA MAPA DE PENDIENTES				
Color	Rango	Descripción	Area(Km)	Area (%)
	0 - 5	Plana o casi Nivel	912.84	41.5894
	5 - 12	Ligeramente Inclínada	450.01	20.5027
	12 - 30	Moderadamente inclinada	798.88	36.3973
	30 - 45	Fuertemente Inclínada	31.36	1.42875
	> 45	Extremadamente Empinada	1.80	0.08182
Total de área SIG			2194.88	100

SIGNOS CONVENCIONALES	
	Centros Poblados
	Red Vial
	Red Hidrológica
	Perímetro Microcuenca

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
 FACULTAD RECURSOS NATURALES RENOVABLES
 ESCUELA PROFESIONAL DE CONSERVACIÓN DE SUELOS Y AGUAS

TESIS:	FACTORES LIMITANTES DE LOS SUELOS POR UNIDADES FISIOGRAFICAS EN LA MICROCUENCA PICUROYACU - DISTRITO DE CASTILLO GRANDE	UBICACIÓN PLÍTICA Depart : Huanuco Prov : Leoncio Prado Dist : Castillo Grande Loc : Micro. Picuro yacu
MAPA DE:	MAPA DE PENDIENTES	
EJECUTOR : SILVA GONZALES, DARWIN	WGS84, Zona 18 Sur	LAMINA:
ASESOR : Ing. RENGIFO TRIGOZO, Juan P.	Escala: 1:25,000	Fecha: May-17

08

