

# **UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**

## **ESCUELA DE POSGRADO**



**UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

**PROGRAMA DE DOCTORADO EN CIENCIAS**

**MENCIÓN: GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS  
NATURALES**

**TESIS:**

**COMPATIBILIDAD DE LOS SISTEMAS DE CLASIFICACIÓN DE TIERRAS  
POR USO MAYOR Y USO POTENCIAL EN LOS SUELOS DE LA CUENCA  
DEL RÍO CAJAMARCA**

Para optar el Grado Académico de

**DOCTOR EN CIENCIAS**

Presentada por:

**M. Sc. WILFREDO POMA ROJAS**

Asesor:

**Dr. EDIN EDGARDO ALVA PLASENCIA**

**Cajamarca – Perú**

**2019**

COPYRIGHT © 2019  
**WILFREDO POMA ROJAS**  
Todos los derechos reservados

# **UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**

## **ESCUELA DE POSGRADO**



**UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

**PROGRAMA DE DOCTORADO EN CIENCIAS**

**MENCIÓN: GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS  
NATURALES**

**TESIS APROBADA:**

**COMPATIBILIDAD DE LOS SISTEMAS DE CLASIFICACIÓN DE TIERRAS  
POR USO MAYOR Y USO POTENCIAL EN LOS SUELOS DE LA CUENCA  
DEL RÍO CAJAMARCA**

Para optar el Grado Académico de

**DOCTOR EN CIENCIAS**

Presentada por:

**M. Sc. WILFREDO POMA ROJAS**

**JURADO EVALUADOR**

Dr. Edín Edgardo Alva Plasencia  
Asesor

Dr. Juan Edmundo Chávez Rabanal  
Jurado Evaluador

Dr. Marcial Hidelso Mendo Velásquez  
Jurado Evaluador

Dr. Segundo Berardo Escalante Zumaeta  
Jurado Evaluador

Cajamarca - Perú

2019



**Universidad Nacional de Cajamarca**  
LICENCIADA CON RESOLUCIÓN DE CONSEJO DIRECTIVO N° 080-2018-SUNEDU/CD  
**Escuela de Posgrado**  
CAJAMARCA - PERU



**PROGRAMA DE DOCTORADO EN CIENCIAS**

**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS**

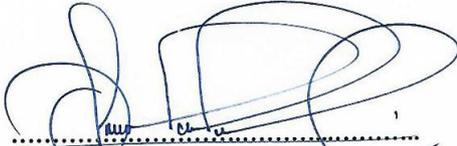
**MENCIÓN: GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES**

Siendo las 17:15...horas del día 16 de mayo del año dos mil diecinueve, reunidos en el Auditorio de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de Cajamarca, el Jurado Evaluador presidido por el **Dr. JUAN EDMUNDO CHÁVEZ RABANAL** y **Dr. MARCIAL HIDELSO MENDO VELÁSQUEZ**, **Dr. SEGUNDO BERARDO ESCALANTE ZUMAETA**; y en calidad de Asesor, el **Dr. EDÍN EDGARDO ALVA PLASENCIA**; Actuando de conformidad con el Reglamento Interno de la Escuela de Posgrado y el Reglamento del Programa de Doctorado de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de Cajamarca, se inició la SUSTENTACIÓN de la tesis titulada: **COMPATIBILIDAD DE LOS SISTEMAS DE LA CLASIFICACIÓN DE TIERRAS POR USO MAYOR Y USO POTENCIAL EN LO SUELOS DE LA CUENCA DEL RÍO CAJAMARCA**; Presentado por el M.Sc. **WILFREDO POMA ROJAS**.

Realizada la exposición de la Tesis y absueltas las preguntas formuladas por el Jurado Evaluador, y luego de la deliberación, se acordó Por UNANIMIDAD... APROBAR... con la calificación de Dieciocho (18) - EXCELENTE..... la mencionada Tesis; en tal virtud, el M.Sc. **WILFREDO POMA ROJAS**, está apto para recibir en ceremonia especial el Diploma que lo acredita como **DOCTOR EN CIENCIAS**, de la Unidad de Posgrado de la Facultad de Ciencias Agrarias, Mención: **GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES**.

Siendo las 18:30 horas del mismo día, se dio por concluido el acto.

  
.....  
**Dr. Edín Edgardo Alva Plasencia**  
Asesor

  
.....  
**Dr. Juan Edmundo Chávez Rabanal**  
Presidente-Jurado Evaluador

  
.....  
**Dr. Marcial Hidelso Mendo Velásquez**  
Jurado Evaluador

  
.....  
**Dr. Segundo Berardo Escalante Zumaeta**  
Jurado Evaluador

## **DEDICATORIA**

A mi esposa Mirian, con quien comparto los momentos más felices de mi vida, quien en todo momento me apoyó y me motivó para continuar con la presente tesis doctoral, para poder ver cristalizado este sueño.

A mis hijos Juan Carlos y Roberto, jóvenes muy inquietos pero responsables; con quienes he compartido gratos momentos durante gran parte de mi vida, pero que, por razones de trabajo de ellos, hoy los veo con menos frecuencia, pero siempre les tengo el amor más profundo como padre de dos buenos hijos.

A mi hijo Bryan, un joven extraordinario, en quien abrigo muchas esperanzas de su futuro, con quien todavía puedo compartir de su compañía y disfrutar de gratos momentos.

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar, quiero expresar mi agradecimiento profundo a la Universidad Nacional de Cajamarca y a la Facultad de Ciencia Agrarias, por todo el apoyo brindado en mi formación profesional.

A mi asesor, Doctor Edin Alva Plasencia, por su apoyo permanente y sabia orientación en la conducción de mi tesis doctoral.

Al Dr. Jiefar Díaz Navarro, un gran amigo, con quien iniciamos esta tesis y con quien compartimos muchos trabajos de investigación en la ciencia de los suelos.

Al comité científico integrado por el Dr. Marcial Mendo Velásquez, Dr. Juan Chávez Rabanal, Dr. Berardo Escalante Zumaeta y Dr. Guillermo Chávez Santacruz, por la revisión, sugerencias y aportes para el documento final.

A mis colegas docentes, por su amistad y consejos para perseverar y culminar esta investigación.

De manera muy especial, a mis alumnos de la Facultad de Ciencias Agrarias, con quienes he compartido y comparto en las diferentes asignaturas, la ciencia de los suelos.

# ÍNDICE

<b>Contenido</b>	<b>Página</b>
AGRADECIMIENTOS .....	vi
ÍNDICE .....	vii
LISTA DE TABLAS .....	x
LISTA DE FIGURAS .....	xiii
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT .....	xvi
CAPÍTULO I.....	1
INTRODUCCIÓN .....	1
Objetivo general .....	4
Objetivos específicos.....	4
CAPÍTULO II.....	5
MARCO TEÓRICO.....	5
2.1. Antecedentes.....	5
2.1.1. Internacionales.....	5
2.1.2. Nacionales .....	6
2.1.3. Locales .....	11
2.2. Bases Teóricas .....	19

CAPÍTULO III .....	49
METODOLOGÍA Y MATERIALES .....	49
3.1. Descripción general de la Zona .....	49
3.1.1. Generalidades de la zona de estudio .....	49
3.1.2. Ubicación .....	50
3.1.3. Geología .....	52
3.1.4. Geomorfología.....	60
3.1.5. Hidrografía .....	60
3.1.6. Ecología .....	63
3.1.7. Pisos altitudinales .....	70
3.1.8. Vías de comunicación .....	73
3.2. Materiales y equipos .....	73
3.2.1. Material cartográfico base.....	73
3.2.2. Equipo de gabinete .....	75
3.2.3. Equipo y materiales de campo.....	75
3.3. Metodología.....	75
3.3.1. Primera fase.....	76
3.3.2. Segunda fase.....	76
3.3.3. Tercera fase .....	77
CAPÍTULO IV .....	79
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	79
4.1. Descripción de las calicatas.....	80

4.2. Análisis de caracterización de suelos.....	90
4.3. Evaluación de las características edáficas utilizadas en las clasificaciones por Capacidad de Uso Potencial de los Suelos y Capacidad de Uso Mayor de las Tierras 108	
4.4. Adaptación de los parámetros edáficos a ambos sistemas de clasificación ...	124
4.5. Importancia de los parámetros edáficos que deben ser considerados en la compatibilización de ambos sistemas de clasificación.....	125
4.6. Parámetros edáficos considerados para compatibilizar los sistemas de capacidad de uso potencial y capacidad de uso mayor.....	138
CAPÍTULO V.....	153
CONCLUSIONES .....	153
CAPÍTULO VI .....	154
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	154

## LISTA DE TABLAS

### CAPACIDAD DE USO POTENCIAL DE SUELOS

	<b>Página</b>
<b>Tabla 1.</b> Material parental.....	30
<b>Tabla 2.</b> Erosión.....	30
<b>Tabla 3.</b> Reacción o pH.....	31
<b>Tabla 4.</b> Textura (30 cm superiores).....	31
<b>Tabla 5.</b> Drenaje interno.....	32
<b>Tabla 6.</b> Pendiente.....	32
<b>Tabla 7.</b> Profundidad efectiva (a una roca). Capa densa o nivel freático.....	33
<b>Tabla 8.</b> Pedregosidad superficial.....	33

### CAPACIDAD DE USO MAYOR DE LAS TIERRAS

<b>Tabla 9.</b> Grupos de Capacidad de Uso Mayor.....	34
<b>Tabla 10.</b> Clases de Capacidad de Uso Mayor de las Tierras.....	36
<b>Tabla 11.</b> Subclases de Capacidad de Uso Mayor de las Tierras.....	37
<b>Tabla 12.</b> Pendiente.....	38
<b>Tabla 13.</b> Microtopografía o microrelieve.....	39
<b>Tabla 14.</b> Profundidad efectiva.....	39
<b>Tabla 15.</b> Textura.....	40
<b>Tabla 16.</b> Fragmentos rocosos.....	40
<b>Tabla 17.</b> Reacción o pH.....	41
<b>Tabla 18.</b> Pedregosidad superficial.....	42
<b>Tabla 19.</b> Drenaje interno.....	43
<b>Tabla 20.</b> Erosión hídrica.....	44

<b>Tabla 21.</b> Salinidad y/o sodicidad.....	45
<b>Tabla 22.</b> Riesgos de anegamiento.....	46
<b>Tabla 23.</b> Clima.....	47
<b>Tabla 24.</b> Fertilidad del suelo .....	48
<b>Tabla 25.</b> Parámetros que definen la fertilidad del suelo .....	48
<b>Tabla 26.</b> Ubicación de calicatas .....	82
<b>Tabla 27.</b> Resultados del análisis de caracterización de suelos de la cuenca del río Cajamarca.....	91
<b>Tabla 28.</b> Características edáficas utilizadas en las clasificaciones.....	108
<b>Tabla 29.</b> Características de los suelos comunes a ambos sistemas de clasificación...	109
<b>Tabla 30.</b> Características de los suelos no comunes a ambos sistemas de clasificación .....	109

#### **CARACTERÍSTICA COMÚN EN AMBOS SISTEMAS DE CLASIFICACIÓN**

<b>Tabla 31.</b> Pedregosidad superficial .....	110
---	-----

#### **CARACTERÍSTICAS NO COMUNES EN AMBOS SISTEMAS DE CLASIFICACIÓN**

<b>Tabla 32.</b> Textura.....	112
<b>Tabla 33.</b> Drenaje.....	113
<b>Tabla 34.</b> Reacción del suelo .....	115
<b>Tabla 35.</b> Pendiente.....	116
<b>Tabla 36.</b> Profundidad efectiva .....	117
<b>Tabla 37.</b> Erosión hídrica .....	118

### **CARACTERÍSTICAS DE SUELOS CONSIDERADAS SOLO EN EL C.U.M.**

<b>Tabla 38.</b> Microtopografía o microrelieve .....	119
<b>Tabla 39.</b> Fragmentos rocosos .....	119
<b>Tabla 40.</b> Salinidad y/o sodicidad .....	120
<b>Tabla 41.</b> Riesgo de anegamiento o inundación fluvial .....	121
<b>Tabla 42.</b> Clima.....	122
<b>Tabla 43.</b> Fertilidad del suelo .....	123
<b>Tabla 44.</b> Parámetros que definen la fertilidad del suelo .....	123

### **CARACTERÍSTICAS DE SUELOS CONSIDERADAS SOLO EN EL C.U.P.**

<b>Tabla 45.</b> Material parental.....	124
<b>Tabla 46.</b> Capas duras o densas .....	124

### **CARACTERÍSTICAS COMPATIBILIZADAS DE AMBOS SISTEMAS DE CLASIFICACIÓN**

<b>Tabla 47.</b> Material parental.....	139
<b>Tabla 48.</b> Textura .....	140
<b>Tabla 49.</b> Drenaje.....	140
<b>Tabla 50.</b> Reacción.....	141
<b>Tabla 51.</b> Pendiente.....	141
<b>Tabla 52.</b> Profundidad efectiva .....	142
<b>Tabla 53.</b> Pedregosidad superficial .....	142
<b>Tabla 54.</b> Erosión hídrica .....	143
<b>Tabla 55.</b> Fragmentos rocosos .....	143
<b>Tabla 56.</b> Capas duras .....	144
<b>Tabla 57.</b> Clima.....	145
<b>Tabla 58.</b> Fertilidad del suelo .....	146

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Página</b>
<b>Figura 1.</b> Mapa de ubicación de la cuenca del río Cajamarca.....	51
<b>Figura 2.</b> Mapa geológico de la cuenca del río Cajamarca .....	59
<b>Figura 3.</b> Mapa hidrológico de la cuenca del río Cajamarca.....	62
<b>Figura 4.</b> Mapa de zonas de vida de la cuenca del río Cajamarca .....	69
<b>Figura 5.</b> Mapa de pisos altitudinales de la cuenca del río Cajamarca. ....	72
<b>Figura 6.</b> Esquema de la metodología. ....	78
<b>Figura 7.</b> Ubicación de las calicatas en el mapa de Capacidad de Uso Mayor de la cuenca del río Cajamarca .....	88
<b>Figura 8.</b> Ubicación de las calicatas en el mapa de Capacidad de Uso Potencial de la cuenca del río Cajamarca .....	89
<b>Figura 9.</b> Roca volcánica en el perfil .....	126
<b>Figura 10.</b> Material detrítico fino.....	126
<b>Figura 11.</b> Suelo arcilloso.....	127
<b>Figura 12.</b> Suelo arenoso.....	127
<b>Figura 13.</b> Drenaje bueno y drenaje excesivo .....	129
<b>Figura 14.</b> Drenaje imperfecto a pobre .....	129
<b>Figura 15.</b> Suelos ácidos .....	130
<b>Figura 16.</b> Suelos moderadamente alcalinos .....	130
<b>Figura 17.</b> Suelos con pendiente nula o casi a nivel .....	131
<b>Figura 18.</b> Suelos con pendiente muy empinada .....	131
<b>Figura 19.</b> Suelo profundo.....	132
<b>Figura 20.</b> Suelo superficial.....	132
<b>Figura 21.</b> Suelos sin piedras en la superficie .....	133

<b>Figura 22.</b> Suelos con piedras en la superficie .....	133
<b>Figura 23.</b> Suelos con erosión nula .....	134
<b>Figura 24.</b> Suelos con erosión severa.....	134
<b>Figura 25.</b> Suelo con fragmentos gruesos .....	135
<b>Figura 26.</b> Suelo sin fragmentos gruesos .....	135
<b>Figura 27.</b> Costra calcárea en el perfil .....	136
<b>Figura 28.</b> Contacto petroférico .....	136
<b>Figura 29.</b> Suelos con alta fertilidad .....	137
<b>Figura 30.</b> Suelos con baja fertilidad .....	137
<b>Figura 31.</b> Mapa de Capacidad de Uso Mayor de los suelos de la cuenca del río Cajamarca.....	147
<b>Figura 32.</b> Mapa de Capacidad de Uso Potencial de los suelos de la cuenca del río Cajamarca.....	148
<b>Figura 33.</b> Mapa Compatibilizado de los suelos de la cuenca del río Cajamarca .....	149

## RESUMEN

El objetivo fue compatibilizar los sistemas de clasificación de tierras por uso mayor y el uso potencial en los suelos de la cuenca del río Cajamarca, utilizando la leyenda de la capacidad de uso potencial de los suelos (Landa et al., 1978) y la guía de clasificación de los parámetros edáficos del Reglamento de Clasificación de Tierras por Capacidad de Uso Mayor (D.S. N° 017-2009-AG. Las características utilizadas en la capacidad de uso potencial de los suelos fueron: material parental, textura, drenaje, reacción, pendiente, profundidad efectiva, pedregosidad superficial, erosión, y capas duras; las características edáficas utilizadas en la clasificación por capacidad de uso mayor de las tierras fueron: textura, drenaje, reacción o pH, pendiente, profundidad efectiva, pedregosidad superficial, erosión, microtopografía, fragmentos rocosos, salinidad y/o sodicidad, riesgos de anegamiento, clima y fertilidad del suelo. Finalmente, se propone una leyenda cartográfica que sea compatible a ambos sistemas de clasificación, constituida por los parámetros edáficos siguientes: de la leyenda de la capacidad de uso potencial se ha considerado el material parental, textura (30 cm superiores), drenaje, pendiente, pedregosidad superficial y capas duras; de la guía de calificación de parámetros edáficos de la capacidad de uso mayor se ha considerado la reacción o pH, profundidad efectiva, fragmentos rocosos, erosión hídrica, clima y fertilidad.

**Palabras clave:** Capacidad de uso mayor, uso potencial, parámetros edáficos, compatibilización.

## ABSTRACT

The objective was to reconcile land classification systems for greater use and potential use in the soils of the Cajamarca River basin, using the legend of the potential use capacity of soils (Landa et al., 1978) and the guide of classification of the edaphic parameters of the Land Classification Regulation for Greater Use Capacity (DS N ° 017-2009-AG.) The characteristics used in the capacity of potential use of the soils were: parental material, texture, drainage, reaction, slope, effective depth, surface stoniness, erosion, and hard layers, the edaphic characteristics used in the classification by capacity of greater use of the land were: texture, drainage, reaction or pH, slope, effective depth, surface stoniness, erosion, microtopography , rocky fragments, salinity and / or sodicity, risks of waterlogging, climate and soil fertility Finally, a cartographic legend is proposed is compatible to both classification systems, constituted by the following edaphic parameters: the legend of the potential use capacity has been considered the parental material, texture (30 cm higher), drainage, slope, surface stoniness and hard layers; of the guide of qualification of edaphic parameters of the capacity of greater use has been considered the reaction or pH, effective depth, rock fragments, water erosion, climate and fertility.

**Keywords:** Greater use capacity, potential use, edaphic parameters, compatibilization.

# **CAPÍTULO I**

## **INTRODUCCIÓN**

El desarrollo de la sociedad solo es posible si ella mantiene una relación armoniosa con el ambiente; este hecho se consigue si hacemos uso racional de nuestros recursos. En este contexto, el suelo tiene singular importancia por constituir, entre otros aspectos, la fuente natural de la alimentación necesaria para la vida del mundo biológico.

El suelo es un recurso natural evaluado a través de su perfil, el cual está constituido por diferentes capas u horizontes. El perfil muestra el grado de evolución del suelo, resultado de la acción conjunta de sus factores de formación (material parental, clima, organismos, relieve y tiempo). El estudio del perfil y de las características ecogeográficas del área evaluada, permite una mejor comprensión del propio recurso.

El conocimiento de los suelos constituye una herramienta valiosa para planificar adecuadamente las acciones dirigidas a desarrollar las áreas comprendidas en la cuenca del río Cajamarca. La presente información deberá servir para realizar más adelante estudios de clasificación técnico interpretativos de suelos, y así poder determinar el uso adecuado de cada una de las unidades de suelos estudiadas, o en todo caso para implementar las prácticas de manejo y/o conservación de suelos más apropiadas para garantizar la sustentabilidad de los recursos naturales comprendidos en el área de acción del presente proyecto.

Con esta finalidad, en el presente estudio de la compatibilidad de los sistemas de clasificación de tierras por capacidad de uso mayor y capacidad de uso potencial en los suelos de la cuenca del río Cajamarca, se describen los parámetros más importantes de

los suelos que son determinantes del desarrollo de las plantas. En este contexto, se procedió a evaluar el recurso suelo del área de estudio haciendo uso de imágenes satelitales de alta resolución, mapas topográficos, mapas de suelos de estudios realizados en los últimos 38 años en la cuenca del río Cajamarca y complementado con información geológica, geomorfológica, pendientes y fisiográfica; las cuales han servido de base para determinar la compatibilidad de los sistemas de clasificación de tierras por uso mayor y uso potencial en los suelos de la cuenca del río Cajamarca.

En el caso de Cajamarca, desde 1978 se cuenta con valiosa información relacionada a las características de los suelos de la cuenca del Río Cajamarquino (Landa, Van Hoff, Poma, y Mestanza, 1978), de la zona sur del departamento de Cajamarca (Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales [ONERN], 1972) y del norte del distrito de Cajamarca realizados por Díaz y Poma (2008) y Díaz y Poma (2009). Pero con el transcurrir del tiempo, se han realizado otros estudios de suelos por diferentes instituciones públicas y privadas. A pesar de los años transcurridos, el sistema propuesto por Klingebiel y Montgomery (1966) no ha sido modificado y la información generada ha constituido herramienta valiosa para planificar el mejoramiento de la agricultura, las pasturas y la actividad silvícola con participación de organismos internacionales como la Cooperación Técnica Belga, Misión Británica, GTZ Alemana, Cooperación Universitaria del Canadá, Cooperación Japonesa y SALGZGITTER SISA Alemana (cuencas de los ríos Chonta y Mashcón), o a través de estudios de suelos con fines de zonificación ecológica, económica y ordenamiento territorial, realizados por la Municipalidad Provincial de Cajamarca (2013). En la mayoría de estos estudios, los suelos han sido clasificados según su capacidad de uso potencial y en los últimos años se ha utilizado el Reglamento de Clasificación de Tierras por capacidad de uso mayor.

En el Perú, por mandato legal, a partir de 1975, se establece el sistema de clasificación de tierras por capacidad de uso mayor (D.S. N° 062-75-AG), este sistema se ha venido utilizando durante 34 años, y en la actualidad se cuenta con el reglamento de clasificación de tierras por capacidad de uso mayor actualizado (D.S. N° 017-2009-AG). Este sistema permite clasificar los suelos en cinco grupos; mientras que el sistema de capacidad de uso potencial, propuesto por el Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos, permite clasificar los suelos en 8 clases. Esta incompatibilidad hace que los estudios de suelos que se realizan en el Perú utilizando nuestro sistema no constituyan una herramienta que facilite la participación internacional en acciones conjuntas para desarrollar nuestra agricultura y proteger nuestro ambiente.

La compatibilización de los métodos de clasificación de suelos materia del presente estudio mediante el sustento científico de cada característica de los suelos que son necesarios para clasificarlos con fines de uso agrológico, deberá constituir una herramienta compatible con el sistema internacional de tal manera que los sistemas de manejo para los suelos sean nacional e internacionalmente aceptados. En este contexto, iniciamos la presente investigación con los siguientes objetivos:

## **Objetivo general**

Compatibilizar los sistemas de clasificación de tierras por uso mayor y uso potencial en los suelos de la cuenca del Río Cajamarca.

## **Objetivos específicos**

1. Evaluar las características edáficas utilizadas en las clasificaciones de suelos por Uso Potencial y Uso Mayor.
2. Adaptar los parámetros edáficos a ambos sistemas de clasificación.
3. Describir la importancia de cada parámetro edáfico que se debe utilizar para hacer compatibles ambos sistemas.
4. Elaborar una propuesta compatible a ambos sistemas (Capacidad de Uso Mayor y Capacidad de Uso Potencial de los Suelos).

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Antecedentes**

##### **2.1.1. Internacionales**

La clasificación de los suelos según su capacidad de uso potencial propuesto por el Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos considera cuatro grupos y ocho clases de capacidad de uso potencial de los suelos (Klingebiel y Montgomery, 1966).

En la evaluación del uso agrícola y forestal del suelo en la cuenca del río Temascaltepec, Nevado de Toluca, México, se evaluaron los parámetros referidos a las características del relieve, vegetación y áreas de uso agrícola. Lográndose determinar los cultivos dominantes, en las áreas agrícolas como son maíz, avena y papa. El procesamiento y análisis de la información se realizó en un SIG, para los 148 predios considerados como de explotación forestal. La mayoría de las áreas forestales localizadas en el intervalo altitudinal de 2 000 a 3 000 m, presentan menos de 60% de cobertura de bosque. Las principales masas forestales corresponden a bosques de los géneros Pinus y Abies–Pinus. La pendiente media dominante de las superficies agrícolas es de 11° y sus límites van de 4.7 ° a 11.4 ° (Villers y López, 1995).

En la recopilación y presentación de datos socioeconómicos de la región occidental de la cuenca del canal de Panamá tuvo como objetivo determinar el Uso Potencial de la Tierra y en particular la identificación de las diferentes categorías, se utilizó la clasificación del Servicio de Conservación de Suelos del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América, el Mapa del Dr. Reinmar Tejeira, el mapa de CATAPAN

(con una cobertura del 45% del área), el mapa de Zonas de Vida y el ATLAS de Panamá; se obtuvo cinco categorías como son agrícola con un 34 %, agricultura y ganadería con un 11%, ganadería con un 7%, bosques y cultivos forestales con un 25%, protección con un 23% de un área total de 480 985.00 ha (Autoridad del canal de Panamá, 2003).

### **2.1.2. Nacionales**

El recurso suelo con potencial de ser utilizado es relativamente escaso en el Perú. Más del 42% son suelos de protección y el suelo aprovechable para la agricultura es muy limitado. El potencial de los suelos puede ir variando, de acuerdo a la tecnología disponible, por ejemplo, últimamente en la costa se han ampliado muchas zonas eriazas para cultivos, gracias al riego tecnificado y transvases de agua. La clasificación que veremos a continuación es la única de alcance nacional, pero es antigua, por lo cual hay que tener criterio para evaluar estos datos (Ministerio de Agricultura y Riego [MINAGRI], 2015)

La ONERN (1973) en coordinación con la Comisión de Rehabilitación y Reconstrucción de la Zona Afectada por el terremoto del 31 de mayo de 1970, realizan el Estudio de Suelos del Callejón de Huaylas a un nivel semidetallado, en donde los suelos son clasificados de acuerdo al sistema de clasificación Soil Taxonomy y capacidad de uso potencial; en el Soil Taxonomy los órdenes más importantes son: los Andisols, Aridisols, Entisols, Gelisols, Histosols, Inceptisols, Mollisols y Vertisols. En este estudio, los parámetros evaluados son material parental, pendiente, textura, drenaje, reacción, permeabilidad, erosión, posición fisiográfica y topografía dominante; mientras que los análisis realizados son los siguientes: materia orgánica, nitrógeno total, fósforo disponible, potasio disponible, calcáreo total, capacidad de intercambio catiónico,

caciones cambiables (calcio, magnesio, potasio y sodio), aluminio cambiable y textura. De acuerdo a la capacidad de uso potencial de los suelos se determinaron las siguientes clases: Clase II, 1,1%; clase III, 3,0%; clase IV, 4,0%; clase V, 0,4%; clase VI, 15,6%; clase VII, 8,9% y clase VIII, 65,3% de un área total de 158 880 ha.

Mediante el D.S. N° 017-2009-AG, se aprueba el Reglamento de Clasificación de Tierras por Capacidad de Uso Mayor, el cual es un sistema eminentemente técnico-interpretativo cuyo único objetivo es asignar a cada unidad de suelo su uso y manejo más apropiado. Esta labor, que traduce el lenguaje puramente científico del estudio de suelos a un lenguaje de orden práctico, se denomina “interpretación”. Las interpretaciones son predicciones sobre el comportamiento del suelo y los resultados que se puede esperar, bajo determinadas condiciones de clima y de relieve, así como de uso y manejo establecidas. Este sistema si bien establece claramente las características edáficas a evaluar para clasificar los suelos, solamente considera cinco grupos de uso mayor, dando mayor importancia a la pendiente del terreno como determinante de la sub clase de suelos (Poma y Alcantara, 2010; Poma y Alcantara, 2011).

En el estudio Plan de Ordenamiento Ambiental de la cuenca del río Jequetepeque para la protección del Reservorio Gallito Ciego y del valle agrícola, los suelos son clasificados de acuerdo al sistema FAO y capacidad de uso mayor de las tierras. En este estudio, los parámetros evaluados fueron material madre, pendiente, profundidad, textura, drenaje, permeabilidad, erosión, reacción o pH, fertilidad y fisiografía; De acuerdo a la capacidad de uso mayor se identificaron: tierras aptas para cultivos en limpio con el 0,81%, tierras aptas para pastos 21,52%, tierras aptas para forestales 13,78% y tierras de protección 63,89% de un área total de 648 000 ha (ONERN, 1988).

En el estudio de suelos y capacidad de uso mayor de las tierras de la zona Tamshiyacu - Indiana, ubicados en los distritos de Indiana y Sargento Lores en la provincia de Maynas, departamento de Loreto, se evaluaron los parámetros material parental, pendiente, profundidad efectiva, textura, drenaje, color, reacción o pH, fertilidad natural y saturación de aluminio. En el estudio se han identificado: Tierras aptas para cultivos en limpio 28,81%, Tierras aptas para cultivos permanentes con 36,06%, tierras aptas para pastos con el 5,41%, tierras aptas para producción forestal con el 3,08% y tierras de protección con el 28,64% de un área total de 70 000 ha (Cornejo y Riva, 1992).

En la Evaluación de los Recursos Naturales del Proyecto Especial Jaén, San Ignacio – Bagua, los suelos son estudiados y clasificados de acuerdo al Soil Taxonomy (1975) y Capacidad de Uso Mayor, correlacionados con el sistema FAO (1974). En el estudio, los parámetros evaluados son la fisiografía, material parental, pendiente, profundidad efectiva, textura, drenaje, gravosidad y/o pedregosidad, perfil, pH y fertilidad. Según el Reglamento de clasificación de tierras por capacidad de uso mayor, se han identificado: tierras aptas para cultivos en limpio 6,1%, tierras aptas para cultivos permanentes con 23,3%, tierras aptas para pastos con el 8,3 %, tierras aptas para producción forestal con el 30,7% y tierras de protección con el 31,6% de un área total de 1 800 000 ha (Instituto Nacional de Recursos Naturales [INRENA], 1994).

En el Estudio de Línea Base Suelos y Capacidad de Uso Mayor del Proyecto Fosfatos de Bayobar – Piura, los suelos son clasificados mediante el sistema Soil Taxonomy (2003) y el Reglamento de Clasificación de Tierras por Capacidad de Uso Mayor D.S. N°062-1975-AG. En el presente estudio se han evaluado los parámetros edáficos como la pendiente, microtopografía, drenaje, textura, reacción del suelo (pH), profundidad efectiva, pedregosidad superficial, erosión hídrica, salinidad y/o sodicidad, riesgos de

anegamiento, clima y fertilidad del suelo. De acuerdo a su Capacidad de Uso Mayor, se han identificado 10 unidades puras, agrupadas en tres unidades de tierras aptas para cultivos en limpio, una unidad de tierras aptas para cultivo permanente, dos unidades de tierras aptas para pastos, dos unidades de tierras aptas para producción forestal y dos unidades de tierras de protección; así mismo se han identificado 26 asociaciones (Golder Associates, 2007).

En el Estudio de Suelos, Capacidad de Uso Mayor y Uso Actual de la Tierra del proyecto minero Quebrada Linga – Arequipa, los suelos han sido estudiados mediante el sistema de clasificación Soil Taxonomy (2003) y el Reglamento de Clasificación de Tierras por Capacidad de Uso Mayor. Los parámetros edáficos considerados en el presente estudio son pendiente, profundidad efectiva, pedregosidad superficial, drenaje, reacción o pH, textura, calcáreo total y erosión. En ese trabajo de acuerdo a su Capacidad de Uso Mayor, se han identificado dos unidades pertenecientes al grupo de tierras de protección, con limitaciones de suelo y clima, y limitaciones de suelo, erosión y clima (Poma, 2008).

En el Estudio de Suelos y Clasificación de Tierras por Capacidad de Uso Mayor para el ordenamiento territorial de la provincia de Trujillo, se indica que los diferentes paisajes encontrados se ubican en condiciones de clima, geología y topografía relativamente homogéneos. En el estudio se han evaluado los parámetros edáficos considerados en la guía de clasificación de los parámetros edáficos del presente reglamento, que son pendiente, microtopografía, drenaje, textura, reacción del suelo (pH), profundidad efectiva, pedregosidad superficial, fragmentos rocosos, erosión hídrica, salinidad y/o sodicidad, riesgos de anegamiento, clima y fertilidad del suelo. Además, de acuerdo a su Capacidad de Uso Mayor, predominan las Tierras de Protección (X) con el 47.73% del

área total estudiada; le sigue las tierras aptas para Forestales (F) con el 18.63%; las tierras aptas para Cultivos en Limpio (A) con el 16.53% del total y finalmente se tiene las tierras aptas para Cultivos Permanentes (C) con el 10.41% de un área total de 178 009.56 ha de la provincia de Trujillo (Poma, 2013a).

En el estudio de Suelos y Clasificación de Tierras por Capacidad de Uso Mayor del Predio El Tablazo: Lotes 1 y 2 en la provincia de Chepén. se concluye que la totalidad de la zona Tablazo 1, se localiza en un gran paisaje de Planicie Aluvial, cuya pendiente es ligeramente inclinada (4-8%); mientras que la zona del Tablazo 2 se localiza en dos grandes paisajes i) Colinoso constituido por diferente litología y ii) Planicie con una sola litología constituido por depósitos aluviales. En el presente estudio se han evaluado los parámetros edáficos considerados en la guía de clasificación de los parámetros edáficos del reglamento CUM, que son pendiente, microtopografía, drenaje, textura, reacción del suelo (pH), profundidad efectiva, pedregosidad superficial, fragmentos rocosos, erosión hídrica, salinidad y/o sodicidad, riesgos de anegamiento, clima y fertilidad del suelo. De acuerdo al estudio de capacidad de uso mayor, en el Lote 1 están ocupados por tierras aptas para cultivos en limpio, de baja calidad agrológica y limitaciones de suelo, erosión y clima (100%); en el Tablazo 2 predominan las tierras aptas para cultivo en limpio, de baja calidad agrológica y limitaciones de suelo, erosión y clima con el 94% y las tierras de protección con limitaciones de suelo, erosión y clima, en algunos lugares y las tierras de protección, con limitaciones de suelo, erosión, clima y sales en otros lugares con el 6% de un área total de 2 209.59 ha (Poma, 2016a).

En el Estudio de Suelos y Capacidad de Uso Mayor de las Tierras de la Comunidad Campesina Pamparomás, distrito de Pamparomás, provincia de Huaylas en el departamento de Ancash. En dicho estudio se han evaluado los parámetros edáficos

considerados en la guía de clasificación de los parámetros edáficos del presente reglamento, que son pendiente, microtopografía, drenaje, textura, reacción del suelo (pH), profundidad efectiva, pedregosidad superficial, fragmentos rocosos, erosión hídrica, salinidad y/o sodicidad, riesgos de anegamiento, clima y fertilidad del suelo. De acuerdo a la Capacidad de Uso Mayor, predominan las Tierras aptas para Producción Forestal con el 43,53 % del área total estudiada, le sigue las tierras de Protección con el 36,76 %, luego están las Tierras aptas para Cultivo Permanente con el 9,54% del área total estudiada, le sigue las tierras aptas para Pastos con el 9,09 % de un área total de 14 432.88 ha de la comunidad campesina Pamparomás. En cambio, las Tierras aptas para Cultivos en Limpio solamente ocupan el 0,79 % de un área total de 14 432.88 ha (Poma, 2016b).

### **2.1.3. Locales**

En el estudio de suelos de la cuenca del río Condebamba, los suelos son clasificados según el sistema FAO (1973) y capacidad de uso potencial, correlacionados con el Soil Taxonomy (1973). En el estudio, los parámetros evaluados son material parental, pendiente, profundidad efectiva, textura, drenaje, reacción o pH, pedregosidad superficial, capas duras y erosión. Según la capacidad de uso potencial se han identificado las clases I con 0,94%, clase II con 3,83%, clase III con 8,48%, clase IV con 14,00%, clase V con 2,34%, clase VI con 21,76%, clase VII con el 33,12% y clase VIII con el 12,12% de un área total de 45 542 ha (Escobedo, 1974).

La ONERN (1977) realiza el estudio inventario, evaluación y uso racional de los recursos naturales de la zona norte del departamento de Cajamarca, en cuyo trabajo los suelos se clasifican de acuerdo a su capacidad de uso mayor correlacionado con el sistema Soil Taxonomy (1973) y la Leyenda del mapa de suelos de la FAO (1974). En el estudio,

los parámetros evaluados son la fisiografía, topografía dominante, material parental, pendiente, profundidad efectiva, textura, drenaje, permeabilidad, pH y perfil. Respecto a la capacidad de uso mayor, se han determinado tierras aptas para cultivos en limpio con 17,0%, tierras aptas para cultivos permanentes y forestales de producción con el 34,7%, tierras aptas para pastoreo con 9,8% y tierras de protección 38,5% de la superficie evaluada.

En el estudio de suelos de la cuenca del Río Cajamarca (Landa et al., 1978), los suelos son clasificados de acuerdo a su capacidad de uso potencial, correlacionados con el sistema de clasificación FAO ; la leyenda cartográfica en este trabajo está conformada por una fracción, en cuyo numerador se tiene al material parental, textura, drenaje y reacción, mientras que el denominador está constituido por la pendiente, profundidad efectiva, pedregosidad superficial, erosión y presencia eventual de capas duras. Respecto a la capacidad de uso potencial, en el presente estudio las clases I a la clase IV que son tierras aptas para agricultura diversificada ocupan el 18,85% del área estudiada; las clases V y VI que son tierras aptas para cultivos permanentes ocupan el 17,90%; la clase VII que son tierras aptas para pastoreo extensivo y forestales representan el 42,35% del área total y la clase VIII que son tierras de protección ocupan el 19,16%, de un área total de 122 155 ha.

En el departamento de Cajamarca, y específicamente en la cuenca del río Cajamarca, como consecuencia de un convenio internacional entre el gobierno peruano y el Reino de Bélgica, se tiene la presencia de la Cooperación Técnica Belga en Cajamarca, con quien se da inicio a varios estudios de suelos, entre los que se destacan los siguientes:

El Estudio Detallado de Suelos de 22 Arboreta en Cajamarca (Pajares, Poma, y Vega, 1984), en este estudio los suelos son clasificados según el sistema de clasificación FAO (1974) y capacidad de uso potencial. En este estudio se utilizó la misma leyenda cartográfica de los suelos de la cuenca del río Cajamarca, conformada por una fracción, en cuyo numerador se tiene al material parental, textura, drenaje y reacción, mientras que el denominador está constituido por la pendiente, profundidad efectiva, pedregosidad superficial, erosión y presencia eventual de capas duras.

En el Estudio de Suelos de la Plantación Demostrativa de Chilacat, los suelos son clasificados de acuerdo al sistema de clasificación FAO (1974) y capacidad de uso potencial, utilizando la leyenda cartográfica propuesta por Langhorn (1978) y utilizada en el estudio de los suelos de la cuenca del río Cajamarca, cuyos parámetros evaluados son: material parental, textura, drenaje, reacción, pendiente, profundidad efectiva, pedregosidad superficial, erosión y capas duras (Poma y Vega, 1985).

En los Suelos de la Plantación Demostrativa de Rumicucho (Poma y Vega, 1987), aquí también los suelos son clasificados según el sistema FAO (1974) y capacidad de uso potencial., utilizando la leyenda cartográfica propuesta por Langhorn (1978) y utilizada en el estudio de los suelos de la cuenca del río Cajamarca; cuyos parámetros evaluados son: material parental, textura, drenaje, reacción, pendiente, profundidad efectiva, pedregosidad superficial, erosión y capas duras.

En el estudio detallado de suelos de 15 Arboreta en Cajamarca (Poma, Pajares y Vega, 1987), los suelos fueron evaluados de acuerdo al sistema de clasificación FAO (1974) y capacidad de uso potencial, los parámetros evaluados son: material parental, textura, drenaje, reacción, pendiente, profundidad efectiva, pedregosidad superficial, erosión y

capas duras; los arboretum se ubican en lugares diferentes con una mayor variabilidad de suelos.

En el Estudio de Suelos del Proyecto Piloto de Ecosistemas Andinos, utiliza la leyenda cartográfica propuesta por Langhorn (1978), la cual permite sintetizar la evaluación de los diferentes parámetros edáficos. En este estudio, los suelos fueron clasificados según el sistema FAO y capacidad de uso potencial. Los parámetros evaluados son: material parental, textura, drenaje, reacción, pendiente, profundidad efectiva, pedregosidad superficial, erosión y capas duras. Según la capacidad de uso potencial de los suelos se han determinado las clases siguientes: Clase III con 1,62%, clase IV con 4,41%, clase V con 0,55%, clase VI con 20,17%, clase VII con 34,27% y clase VIII con 38,82%, de un área total de 7 119 ha (Poma, 1989).

En el estudio de suelos del Proyecto Chim Shaullo, los suelos fueron estudiados de acuerdo al sistema de capacidad de uso potencial y sistema de clasificación de la FAO. Siendo uno de los objetivos determinar las características más importantes de los suelos, para lo cual se utilizó la leyenda cartográfica propuesta por Langhorn (1978) y utilizada en el estudio de Los Suelos de la Cuenca del río Cajamarca (Landa et al., 1978). Los parámetros evaluados son: material parental, textura, drenaje, reacción, pendiente, profundidad efectiva, pedregosidad superficial, erosión y capas duras. Respecto a la capacidad de uso potencial se han determinado la clase III con 0,69%, la clase IV con 23,66% del área total estudiada, la clase V con 0,04%, la clase VI con 17,47% del área total, la clase VII con 24,33% y la clase VIII ocupan el 33,81%, de un área total de 6380 ha (Díaz y Poma, 2008).

En el estudio de suelos del distrito de La Asunción se han utilizado los sistemas de clasificación FAO y la capacidad de uso potencial. Habiéndose determinado los grupos taxonómicos FAO Phaeozems de suelos más desarrollados, Cambisoles de suelos con moderado desarrollo genético y los grupos Regosoles, Ranquers, Rendzinas y Litosoles como suelos con escaso desarrollo genético. Los parámetros evaluados son: material parental, textura, drenaje, reacción, pendiente, profundidad efectiva, pedregosidad superficial, erosión y capas duras. En cambio, según su capacidad de uso potencial, predominan los suelos de la clase VIII con un 33,50% y los suelos de la clase III son los suelos que ocupan la menor extensión, con 0,93%, de un área total de 12 000 ha (Jiménez, 1998).

En el estudio de suelos y uso actual de la tierra de las cuencas Chonta y Mashcón, los suelos fueron evaluados de acuerdo al Reglamento para la ejecución de Levantamiento de Suelos y Reglamento de Clasificación de Tierras por Uso Mayor, correlacionados con el Soil Taxonomy (2006) y FAO (2006). En el estudio se identificaron 27 unidades cartográficas y 7 asociaciones. En el presente estudio se han evaluado los parámetros edáficos considerados en la guía de clasificación de los parámetros edáficos del presente reglamento, que son pendiente, microtopografía, drenaje, textura, reacción del suelo (pH), profundidad efectiva, pedregosidad superficial, fragmentos rocosos, erosión hídrica, salinidad y/o sodicidad, riesgos de anegamiento, clima y fertilidad del suelo. Finalmente, de acuerdo a la capacidad de uso mayor, se identificaron tierras aptas para cultivos en limpio con el 4,39%, tierras aptas para cultivos permanentes 10,01%, tierras aptas para pastos con el 12,72%, tierras aptas para producción forestal 31,16% y tierras de protección el 34,56%, de un área total de 66 015 ha (Díaz y Poma, 2008).

En el estudio de suelos y uso actual de la tierra de las Áreas ubicadas en la zona de Influencia del proyecto Presa Río Chonta, donde también los suelos fueron evaluados de acuerdo al Reglamento para la ejecución de Levantamiento de Suelos y Reglamento de Clasificación de Tierras por Uso Mayor, correlacionados con el Soil Taxonomy (2006) y FAO (2006). En el estudio se identificaron 16 unidades cartográficas. En el presente estudio se han evaluado los parámetros edáficos considerados en la guía de clasificación de los parámetros edáficos del presente reglamento, que son pendiente, microtopografía, drenaje, textura, reacción del suelo (pH), profundidad efectiva, pedregosidad superficial, fragmentos rocosos, erosión hídrica, salinidad y/o sodicidad, riesgos de anegamiento, clima y fertilidad del suelo. Finalmente, de acuerdo a la capacidad de uso mayor, aproximadamente el 30 % del área está constituida por suelos aptos para cultivos en limpio, 27 % para cultivos permanentes, 19 % para forestales y 10 % para protección, de un área total de 2 800 ha (Díaz y Poma, 2009).

En el Estudio de Suelos con fines de Zonificación Ecológica, Económica y Ordenamiento Territorial de la Región Cajamarca, cuyos suelos fueron evaluados de acuerdo al sistema de Clasificación Soil Taxonomy correlacionados con la Leyenda del Mapa Mundial de Suelos de la FAO y Clasificación de Tierras por Capacidad de Uso Mayor, se han evaluado los parámetros edáficos siguientes: pendiente, microtopografía, drenaje, textura, reacción del suelo (pH), profundidad efectiva, pedregosidad superficial, fragmentos rocosos, erosión hídrica, salinidad y/o sodicidad, riesgos de anegamiento, clima y fertilidad del suelo. Según la clasificación de tierras por uso mayor, la mayor parte de estos suelos corresponden a Tierras de Protección, con limitantes por suelo, erosión y clima; las tierras aptas para Cultivos en Limpio son muy escasas; pero en la asociación de grupos de tierras aptas para Producción Forestal y tierras de Protección es la que predomina en toda la región Cajamarca (Poma, 2009a).

En el estudio de suelos y capacidad de uso mayor del departamento de Cajamarca, los suelos son clasificados mediante el sistema Soil Taxonomy (2003) y el Reglamento de Clasificación de Tierras por Capacidad de Uso Mayor D.S. N°017-2009-AG. En el presente estudio se han evaluado los parámetros edáficos considerados en la guía de clasificación de los parámetros edáficos del presente reglamento, que son pendiente, microtopografía, drenaje, textura, reacción del suelo (pH), profundidad efectiva, pedregosidad superficial, fragmentos rocosos, erosión hídrica, salinidad y/o sodicidad, riesgos de anegamiento, clima y fertilidad del suelo. Según su capacidad de uso mayor, se observa que la mayor superficie de las unidades de uso mayor corresponde a las tierras de protección (X), que ocupa una extensión de 1'819,969.61 ha, que representa el 55.23 % de la superficie departamental; estas tierras tienen como principales limitantes ciertas características de suelo, la erosión y el clima adverso principalmente en las zonas altas donde se registran heladas, granizadas, bajas temperaturas, sequías o lluvias torrenciales. Las tierras aptas para cultivos en limpio (A), ocupan solamente el 6.69 % del total departamental, es decir, un área tan solo de 220,332.01 ha, la calidad agrológica es de baja a media, con limitaciones de suelo, clima, y eventualmente inundación en las partes bajas de suelos aluviales, pero que forzosamente requieren de riego. De igual manera, las tierras aptas para cultivos permanentes (C), ocupan una extensión de 99,307.75 ha, lo cual representa el 3.01 % del total departamental; las tierras aptas para producción forestal (F), ocupan una extensión de 549,324.26 ha, que representan el 16.67 % de la superficie departamental, si bien es cierto que estas tierras no reúnen las condiciones mínimas para los cultivos en limpio, permanente o pastos; sin embargo, constituyen un potencial muy importante para la producción forestal, pudiendo instalarse especies nativas o exóticas de acuerdo a la calidad de sitio; finalmente las tierras aptas para pastos (P), ocupan una

extensión de 603,005.52 ha, que representan el 18.30 %, de un área total de 3 200 000 ha de todo el departamento de Cajamarca (Poma y Alcántara, 2010).

Al realizar el estudio de línea base suelos y uso actual de la tierra del proyecto tubería de captación de agua Tres Tingos, para el proyecto El Galeno, los suelos fueron estudiados mediante el Reglamento de Clasificación de Tierras por Capacidad de Uso Mayor, así mismo, clasificando los suelos de acuerdo al sistema FAO, correlacionado con el sistema de clasificación de suelos Soil Taxonomy. En el presente estudio se han evaluado los parámetros edáficos considerados en reglamento de clasificación de tierras por uso mayor, que son pendiente, microtopografía, drenaje, textura, reacción del suelo (pH), profundidad efectiva, pedregosidad superficial, fragmentos rocosos, erosión hídrica, salinidad y/o sodicidad, riesgos de anegamiento, clima y fertilidad del suelo (Poma, 2011a).

En el Estudio de Suelos con fines Agrológicos del Proyecto de Irrigación San Antonio de Huarango, cuyos suelos fueron estudiados de acuerdo al sistema de Clasificación Soil Taxonomy (2010) y el Reglamento de Clasificación de Tierras por Capacidad de Uso Mayor. En el presente estudio se han evaluado los parámetros edáficos considerados en la guía de clasificación de los parámetros edáficos del presente reglamento, que son pendiente, microtopografía, drenaje, textura, reacción del suelo (pH), profundidad efectiva, pedregosidad superficial, fragmentos rocosos, erosión hídrica, salinidad y/o sodicidad, riesgos de anegamiento, clima y fertilidad del suelo. De acuerdo al mapa de Capacidad de Uso Mayor, predominan las Tierras aptas para Cultivos Permanentes con el 51.05% del área total estudiada, le sigue las tierras aptas para Cultivos en Limpio con el 25.56%, de un área total de 9 543 ha (Poma, 2011b).

En el Estudio de Suelos, Pisos Altitudinales, Zonas de Vida, Vegetación, Ecosistemas Agrícolas y Clasificación de Tierras por Capacidad de Uso Mayor, con fines de Zonificación Ecológica, Económica y ordenamiento Territorial de la Sub Cuenca del río San Lucas del distrito de Cajamarca, los suelos se clasifican de acuerdo al Reglamento de Clasificación de tierras por Capacidad de Uso Mayor y el Sistema de Clasificación Soil Taxonomy (2010), correlacionados con el sistema FAO (2007); cuya evaluación de los parámetros edáficos se realiza de acuerdo a una guía de clasificación de parámetros que considera: la pendiente, microtopografía, textura, drenaje, profundidad efectiva, reacción o pH, pedregosidad superficial, fragmentos gruesos en el perfil, riesgos de anegamiento, erosión, salinidad y/o alcalinidad, clima y fertilidad. De acuerdo a la capacidad de uso mayor se tiene los siguientes grupos: Tierras aptas para cultivos en limpio el 15,18%, tierras patas para pastos 14,12 %, tierras patas para producción forestal 22,71% y tierras de protección el 36,46%, de un área total de 7 271 ha (Poma, 2013b).

## **2.2. Bases Teóricas**

El suelo es un recurso natural no renovable que continuamente evoluciona por la acción conjunta de los factores de formación, lo que origina diferentes perfiles o tipos de suelos. En este sentido, para hacer un buen uso y manejo de los suelos es necesario saber cuáles son, cómo son, dónde están y que superficie ocupan. Por esta razón, se han realizado esfuerzos para clasificar el suelo. Pero, ¿Para qué sirve clasificar los suelos?; la clasificación del suelo es necesaria para predecir su comportamiento e identificar limitantes que permitan tomar decisiones adecuadas de manejo en los ámbitos agrícola, pecuario, forestal, urbano y ambiental (INTAGRI, 2017).

El origen del vocablo compatibilidad proviene del latín “compatibilis” y se refiere a “lo que puede tolerarse junto o recíprocamente, permitirse mutuamente”. Dos personas son compatibles cuando pueden comprenderse (en distintos aspectos) el uno al otro. La compatibilidad es la aptitud de ser compatible. La Compatibilidad es la cualidad, facultad o característica que pueden poseer las personas para tener la capacidad de concurrir armónicamente con alguien más, teniendo la opción de desarrollarse y crecer junto a esa persona, por ello para que exista la compatibilidad deben estar dos o más sujetos relacionados, para así poder decir que algo a alguien es compatible con respecto otro individuo, de esta manera se dice que para que exista compatibilidad entre dos personas una debe influir de un modo armonioso con respecto a la otra (<https://conceptodefinicion.de/compatibilidad/>).

La clasificación de los suelos según su capacidad de uso es un ordenamiento sistemático de carácter práctico e interpretativo, fundamentado en la aptitud natural que presenta el suelo para producir constantemente bajo tratamiento continuo y usos específicos. Este ordenamiento proporciona una información básica que muestra la problemática de los suelos bajo los aspectos de limitaciones de uso, necesidades y prácticas de manejo que requieren y también suministra elementos de juicio necesarios para la formulación y programación de planes integrales de desarrollo agrícola. El sistema de clasificación está basado en las Normas y Principios del Servicio de Conservación de Suelos en los Estados Unidos de América, pero adecuado a los patrones edáficos, climáticos y topofisiográficos existentes en el área de estudio, se basa en la evaluación de las diferentes características de los suelos (Gobierno de la República de Panamá, 1978).

Entre los años 1940 a 1990, se empleaba fotografías aéreas, como documentos auxiliares valiosos para la separación de las formas naturales del terreno y el

reconocimiento de áreas de difícil acceso, lo cual permitió establecer con mayor precisión las diferentes clases de suelos y establecer correlaciones entre los suelos y formas de tierras. Posteriormente, a partir de 1990, con los mismos propósitos, el INRENA hace uso de imágenes satelitales en los estudios de levantamiento de suelos, de igual manera, Donahue, Miller y Shickluna (1981) manifiesta que los primeros levantamientos de suelos, fueron simples y limitados, sólo para contestar preguntas agronómicas prácticas sobre diferencias entre suelos y limitaciones importantes para aumentar la producción de cultivos (Poma, 2011a).

La importancia de los estudios de suelos es dada a conocer en los diferentes estudios de línea base, a través de los cuales se pone en evidencia que la información adecuada sobre la calidad de los suelos es determinante para que las prácticas de manejo de los suelos tengan los efectos esperados en el rendimiento de los cultivos y en la protección ambiental (Poma, 2013a).

Los límites de una unidad de suelos útil para una clasificación se ubican en lugares donde ha existido o existe en la actualidad, diferencias importantes en uno o más de los factores de formación de suelos (Leighton, 1982).

Martínez (2004) indica que la acción conjunta de los factores que condicionan la formación y evolución del suelo conduce al desarrollo de diferentes perfiles o tipos de suelos. La clasificación de los mismos puede basarse en criterios diversos. Entre otros, podemos citar:

- Características intrínsecas del suelo, dependientes de los procesos genéticos que los desarrollan.

- Propiedades del suelo como permeabilidad, salinidad, composición, etc. y que se relacionan estrechamente con los factores de formación.
- Según su aptitud para diferentes usos, fundamentalmente agrícola.

Es frecuente realizar una primera agrupación en función del factor o factores predominantes en su desarrollo. Las clasificaciones de suelos, son un paso importante hacia los más amplios cambios de información entre los países. Estas constituyen un medio puesto a nuestra disposición para facilitar la transferencia de tecnologías (Martínez, 2004).

El conocimiento de la capacidad de uso de los suelos es un pre - requisito indispensable para el planeamiento integral. Cuando esta información es representada en una forma cartográfica se torna en el material indispensable en la definición del grado de protección del suelo por la cobertura vegetal y el uso racional de la tierra auxiliado por una definición de aptitud de uso agrícola. Tanto con imágenes visuales como en la clasificación digital supervisada, en cuanto a la clasificación y mapeo de los suelos, es necesaria una definición clara de una leyenda cartográfica adecuada a los objetivos (Poma, 2013a).

La capacidad de uso potencial del suelo es una forma de clasificar los suelos según un ordenamiento sistemático de carácter práctico e interpretativo, fundamentado en la aptitud natural que presenta el suelo para producir constantemente bajo tratamiento continuo y usos específicos. Este ordenamiento proporciona una información básica que muestra la problemática de los suelos bajo los aspectos de limitaciones de uso, necesidades y prácticas de manejo que requieren y también suministra elementos de juicio necesarios para la formulación y programación de planes integrales de desarrollo agrícola. Existe una diversidad de conceptos tales como capacidad de uso, uso potencial, vocación

de uso, aptitud de uso, uso mayor, que dan lugar a una variedad de interpretación, que resulta en una confusión alarmante. El más aplicado en el área andina es la clasificación por capacidad de uso del suelo, USDA, (8 categorías). El sistema de clasificación generalmente adoptado está basado en las Normas y Principios del *Servicio de Conservación de Suelos en los Estados Unidos de América*, pero adecuado a los patrones edáficos, climáticos y toposfisiográficos existentes en el área que se está analizando. Desde el punto de vista de su uso en el sector agropecuario, los suelos se dividen generalmente en 8 clases. Estas se diferencian unas de otras por el grado de limitaciones permanentes o riesgos que involucran su uso:

- El primer grupo comprende cuatro clases de capacidad, que van de la Clase I a la Clase IV. La Clase I es considerada la mejor y se supone que carece prácticamente de limitaciones, las cuales aumentan de la II a la IV.
- El segundo grupo está integrado por las Clases V y VI, y sus limitaciones aumentan progresivamente de la V a la VI.
- El tercer grupo consta solo de la Clase VII y agrupa suelos apropiados generalmente para la explotación forestal.
- Por último, el cuarto grupo consta solo de la Clase VIII cuyos suelos presentan tales limitaciones que son inapropiadas para fines agrícolas, pecuarios o de explotación forestal (Landa et al., 1978).

Respecto a la metodología para la obtención de información del uso potencial del suelo, debemos indicar que la cartografía de uso potencial está enfocada a mostrar cuál es la aptitud de la tierra para dar soporte a su uso adecuado, considerando que los requerimientos que hace la sociedad, a través de sus actividades, son cambiantes, así

como también, ofrecer un marco conceptual que aporte elementos para la toma de decisión, cuando un mismo espacio geográfico es disputado para dar cabida a diversos usos. Cabe mencionar que es una carta sintética, que hace una delimitación de unidades homogéneas de tierra, a través del modelado cartográfico, considerando las condiciones ambientales, como factores limitantes del uso de la tierra (Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI], 1999a).

La carta de uso potencial es una representación de las condiciones ambientales, en especial de las condiciones del suelo, consideradas como factores limitantes del uso agrícola, pecuario o forestal y de conservación, a que puede destinarse un determinado espacio geográfico. Es decir, describe el conjunto de condiciones ambientales a las que el hombre tiene que enfrentarse al transformarlas o adaptándose a ellas para aprovechar mejor el suelo y sus recursos en el desarrollo de la agricultura, silvicultura y desarrollo urbano, así como para el establecimiento de áreas de conservación de recursos naturales (INEGI, 1999b).

El estudio del uso potencial del suelo tiene como objetivo calificar las condiciones físicas de los suelos para delimitar las áreas homogéneas y definir las alternativas de uso agrícola, pecuario, forestal o de protección. Con el fin de que cada unidad sea usada de acuerdo a la capacidad productiva de sus suelos. Se definen también las prácticas de conservación y manejo que garanticen mantener la productividad del suelo con el mínimo riesgo de deterioro del mismo (Corporacion Autonoma Regional del Valle del Cauca [CVC], 2000)

Para la lectura de perfiles y evaluación de cada uno de los parámetros edáficos, se ha considerado la Guía para la descripción de suelos de la FAO (2009). Para la descripción

de los horizontes del perfil, se anotaron el símbolo; la profundidad de la parte superior e inferior de cada horizonte (en centímetros); la reacción o pH; el contenido de carbonatos; la presencia de sales solubles; el color del suelo; la textura, la estructura bajo sus condiciones de tipo, clase y grado; la consistencia en seco, húmedo y mojado; el contenido de fragmentos de rocas y minerales; la presencia de capas endurecidas; los restos de la actividad humana; los rasgos de origen biológico; el desarrollo de raíces; la naturaleza del límite con el horizonte subyacente y cualquier otro factor evidente.

El sistema de Capacidad de Uso Potencial de los suelos, comprende cuatro grupos de capacidad de uso potencial y ocho clases de capacidad de uso potencial de los suelos. Los grupos de Capacidad de Uso Potencial de los suelos, que comprende este sistema de clasificación son (Landa et al., 1978):

- a. **Tierras arables.** Aptas para cultivos intensivos y otros usos (agricultura diversificada). En este grupo están incluidas las clases I, II, III y IV de capacidad de uso potencial.
- b. **Tierras generalmente no arables.** Aptas para cultivos permanentes (pastos, forestales, etc.). En este grupo están incluidas las clases V y VI de capacidad de uso potencial.
- c. **Tierras marginales para la agricultura.** Aptas solamente para pastoreo, extensivo y forestales. En este grupo solamente tenemos la clase VII de capacidad de uso potencial.
- d. **Tierras sin uso agropecuario ni forestal.** En este grupo se tiene la clase VIII de capacidad de uso potencial.

Las clases de Capacidad de Uso Potencial de los suelos y los criterios a tener en cuenta para clasificar son (Landa et al., 1978):

### **Clase I**

Son suelos que tienen pocas limitaciones para la agricultura. Se caracterizan por presentar:

- Pendientes suaves,
- Erosión nula,
- Suelos profundos a muy profundos,
- Buen drenaje asociado a una buena retención de agua,
- Buena riqueza nutricional y/o buena reacción a los abonamientos,
- Trabajo cómodo del suelo.

### **Clase II**

Son suelos que tienen ligeras limitaciones que reducen la elección de plantas para la agricultura o que requieren prácticas moderadas de conservación. Sus características son:

- Pendientes ligeras,
- Erosión nula a ligera,
- Drenaje bueno,
- Suelos profundos,
- Buena capacidad de retención de humedad,
- Ligera salinidad o sodificación fácilmente corregible,
- Inundaciones ocasionales,
- Ligero exceso de humedad fácilmente corregible por drenaje,
- Ligeras limitaciones climáticas.

### **Clase III**

Son suelos que tienen limitaciones que afectan el desarrollo de los cultivos y que requieren prácticas especiales de conservación de suelos. Sus características principales son:

- Pendientes ligeramente inclinadas,
- Erosión ligera,
- Drenaje bueno,
- Moderadamente profundos a profundos,
- Baja permeabilidad del sub suelo,
- Moderada capacidad de retención de agua,
- Salinidad moderada o sodificación no fácilmente corregible,
- Inundaciones frecuentes que dañan los cultivos,
- Exceso de humedad difícilmente corregible por drenaje,
- Limitaciones climáticas moderadas,
- Fertilidad media de los suelos.

### **Clase IV**

Son suelos que tienen limitaciones que restringen el desarrollo de las plantas y que requieren un manejo muy cuidadoso. Los factores limitantes son:

- Pendientes ligeramente inclinadas a moderadamente empinados,
- Susceptibilidad a la erosión,
- Moderadamente profundos,
- Baja capacidad de retención de agua,
- En suelos de la costa salinidad o sodificación severa,
- A veces inundaciones con daños a los cultivos,

- En suelos planos humedad excesiva con estancamiento de agua después de haber drenado,
- Condiciones climáticas moderadamente adversas.

### **Clase V**

Son suelos que tienen limitaciones permanentes imposibles de corregir lo que hacen que su uso sea para pastos naturales y cultivados, bosque o vida silvestre. Estas limitaciones restringen el desarrollo de las plantas e impiden el trabajo normal del suelo. Se caracterizan por:

- Estar ubicados en áreas sometidas a frecuentes inundaciones que impiden el crecimiento normal de los cultivos.
- Pendiente nula a casi a nivel, con condiciones climáticas que impiden el desarrollo normal de los cultivos.
- Drenaje pobre a nulo,
- Se ubican en zonas pantanosas cuyo drenaje, para fines de producción agrícola, es imposible de corregir, pero son adecuados para instalaciones de forestales y pastos.

### **Clase VI**

Son suelos con limitaciones severas siendo adecuados solo para pastos, bosques o vida silvestre. Los factores limitantes son:

- Pendientes moderadamente empinadas a empinadas,
- Alta susceptibilidad a la erosión,
- Ligeramente pedregosos a pedregosos,
- Escasa profundidad efectiva,
- Severas condiciones climáticas.

Algunos suelos de esta clase pueden ser utilizados para cultivos intensivos (nivel familiar) con la aplicación de manejos intensivos dirigidos a superar las limitaciones indicadas.

### **Clase VII**

Suelos con limitaciones muy severas para los cultivos. Su uso está indicado solo para pastos naturales, bosques y vida silvestre. Los factores limitantes son permanentes e incorregibles, estas características son:

- Pendientes empinadas a muy empinadas,
- Erosión severa,
- Suelos superficiales,
- Baja capacidad de retención de humedad,
- Pedregosos a muy pedregosos,
- Drenaje bueno a excesivo,
- Clima desfavorable para el crecimiento de los cultivos,
- Los suelos de esta clase, generalmente son aptos para la forestación.

### **Clase VIII**

Suelos y formas de paisaje con limitaciones que impiden el desarrollo de plantas comerciales; su uso está indicado para la recreación, turismo y vida silvestre. Las características no corregibles de estos suelos son:

- Erosión severa,
- Pendientes empinadas a muy empinadas,
- Clima muy adverso,
- Escasa profundidad efectiva,

- Drenaje generalmente excesivo,
- Muy pedregosos con presencia de afloramientos rocosos,
- Capacidad de retención de agua muy baja o nula,
- Pueden, eventualmente, ser protegidas con plantaciones de especies nativa

Los principales parámetros edáficos considerados en la evaluación de la capacidad de uso potencial de los suelos son (Landa et al., 1978):

**Tabla 1. Material parental**

<b>Categorías</b>	<b>Tipos</b>	<b>Símbolos</b>
Rocas coherentes duras o meteorizadas	Calizas en general	Ca
	Areniscas y/o cuarcitas	Ar
	Lutitas, pizarras y/o limolitas	Lu
	Tufos volcánicos	Tu
	Otros materiales volcánicos	Vo
Material detrítico de diferente origen	De origen aluvial	Al
	De origen fluvio glaciario, glaciario, aluvio coluvial o coluvial.	
	▪ A carácter fino.	Di
	▪ A carácter grueso.	Do

En el caso de materiales complejos, los símbolos se encierran entre paréntesis.

**Fuente:** Landa et al., 1978

**Tabla 2. Erosión**

<b>Clases</b>	<b>Símbolos</b>	
	<b>Simples</b>	<b>Complejos</b>
Ninguna o leve	n	M
Moderada	m	
Severa	s	S

**Fuente:** Landa et al., 1978

**Tabla 3.** *Reacción o pH*

Denominación	Clase de pH	Símbolos	
		Simples	Complejos
Muy fuertemente ácido	< 5,4	f	F
Fuertemente a ligeramente ácido	5,5 < pH < 6,4	l	L
Ligeramente ácido a ligeramente alcalino	6,5 < pH < 7,4	n	N
Moderadamente alcalino a alcalino	> 7,4	k	

Fuente: Landa et al., 1978

**Tabla 4.** *Textura (30 cm superiores)*

Denominación	Clases texturales	Símbolos	
		Simples	Complejos
Ligera	Arena, arena franca, franco arenoso.	l	L
Media	Franco, franco limoso, franco arcillo limoso, franco arcillo arenoso, limo.	m	M
Pesada	Arcilla, arcillo limoso, arcillo arenoso, franco arcilloso.	p	

Fuente: Landa et al., 1978

**Tabla 5. Drenaje interno**

Denominación	Clases texturales	Simbología	
		Simples	Complejos
Excesivo	Asociado generalmente a texturas gruesas y/o a poca profundidad; el perfil no muestra moteados	a	A
Bueno	Asociada generalmente a texturas medias, el perfil no muestra moteados o pocos en la base.	e	E
Imperfecto	Asociada generalmente a texturas medias a pesadas abundante moteado en el perfil.	i	I
Pobre	Moteados muy abundantes en el perfil, presencia de un horizonte de gley azulado o gris. Asociado a un nivel freático permanente a fluctuante en el perfil.	o	O U
Nulo o Anegado	El horizonte de gley aparece a los 30 cm. superiores del perfil, anegamiento.	u	

Fuente: Landa et al., 1978

**Tabla 6. Pendiente**

Denominación	Rango %	Símbolos	
		Simples	Complejos
Nulo a casi a nivel	00 - 04	1	I
Ligeramente inclinado	05 - 12	2	II
Moderadamente empinado	13 - 25	3	III
Empinado	26 - 50	4	IV
Muy empinado	51 - 70	5	V
Extremadamente empinado	> 70	6	

Fuente: Landa et al., 1978

**Tabla 7.** *Profundidad efectiva (a una roca, capa densa o nivel freático)*

Denominación	Rango cm	Símbolos	
		Simples	Complejos
Muy superficial a superficial	< 30	a	A
Superficial a moderadamente profundo	30 - 60	e	— O —
Moderadamente profundo a profundo	60 - 120	i	— U
Muy profundo	> 120	o	I

Fuente: Landa et al., 1978

**Tabla 8.** *Pedregosidad superficial*

Denominación	Rango %	Símbolos	
		Simples	Complejos
Sin piedras o con muy poco que no interfieren con el cultivo.	< 0.01	0	I
Piedras suficientes para interferir, pero no imposibilitar las labores para cultivos a escarda.	0.01 - 0.1	1	—
Piedras suficientes para imposibilitar las labores requeridas para los cultivos a escarda, pero el suelo puede prepararse para siembra de pastos mejorados.	0.2 - 2	2	—
El uso de maquinaria es impedido, excepto la muy liviana. Pueden utilizarse para pastos o forestales.	3 - 15	3	—
Imposible de usar maquinaria. Puede utilizarse con pastos en el interior de bosques.	16 - 90	4	—
Superficie prácticamente pavimentada de piedras	> 90	5	V

Fuente: Landa et al., 1978

La clasificación de las tierras del Perú según su Capacidad de Uso Mayor, se basa en las limitaciones permanentes de los suelos para poder mantener actividades agrícolas, pecuarias o forestales dentro de márgenes económicas y sin degradar el recurso. Los factores que influyen en esta clasificación son el clima, el riesgo de erosión, las

características propias del suelo que afectan la productividad y las condiciones de humedad (MINAGRI, 2009).

Según el Decreto Supremo 017-2009-AG, el Sistema Nacional de Clasificación de Tierras según su Capacidad de Uso Mayor establecido por el presente Reglamento, es un sistema interpretativo de los estudios de los suelos, con la ayuda de información climática (zonas de vida) y del relieve. Se basa en la evaluación de las diferentes características de los suelos, comprendidas en la guía de clasificación de los parámetros edáficos. El Sistema de Clasificación de Tierras según su Capacidad de Uso Mayor está conformado por tres (03) categorías de uso: Grupo de Capacidad de Uso Mayor, Clase de Capacidad de Uso Mayor y Subclase de Capacidad de Uso Mayor (MINAGRI, 2009).

Los grupos de capacidad de uso mayor establecido por el presente reglamento son:

**Tabla 9.** *Grupos de Capacidad de Uso Mayor*

<b>Símbolo</b>	<b>Grupos</b>
A	Tierras aptas para Cultivos en Limpio
C	Tierras aptas para Cultivos Permanentes
P	Tierras aptas para Pastos
F	Tierras aptas para Producción Forestal
X	Tierras de Protección

**Fuente:** Reglamento de Clasificación de Tierras por Capacidad de Uso Mayor D.S. N° 017-2009-AG.

### **Tierras aptas para Cultivo en Limpio (A).**

Estas tierras reúnen las condiciones ecológicas apropiadas para la remoción periódica y continuada del suelo, para el sembrío de plantas herbáceas o semi arbustivas de corto periodo vegetativo bajo condiciones económicas accesibles a los agricultores del lugar, sin deterioro de la capacidad productiva del suelo, ni alteración del régimen hidrológica de la cuenca. Se trata de las mejores tierras con alta calidad agrológica; cuyo y que poseen características edáficas favorables para la actividad agrícola (MINAGRI, 2009).

### **Tierras aptas para Cultivo Permanente (C).**

Estas tierras, de acuerdo a sus características climáticas y edáficas, no son adecuadas para la remoción periódica y continuada del suelo, pero permiten la instalación de cultivos perennes, sean herbáceos, arbustivos o arbóreos; así como forrajes bajo técnicas económicamente accesibles para los agricultores del lugar sin deterioro de la capacidad productiva del suelo ni alteración del régimen hidrológico de la cuenca. Se trata de aquellas tierras con algunas limitantes de suelo y clima para la actividad agrícola (MINAGRI, 2009).

### **Tierras aptas para Pastos (P).**

En este grupo de tierras se tiene a todos aquellos suelos que no reúnen las condiciones ecológicas mínimas requeridas para cultivo en limpio o permanente; pero si permiten su uso continuado o temporal para el pastoreo con técnicas accesibles a los agricultores del lugar, sin deterioro de la capacidad productiva del suelo ni alteración del régimen hidrológico de la cuenca. Estas tierras tienen clima y suelo limitantes para la agricultura (MINAGRI, 2009).

### **Tierras aptas para Producción Forestal (F).**

Este grupo de tierras, está constituido por todos aquellos suelos que no reúnen las condiciones ecológicas mínimas requeridas para ser cultivado o para pastoreo; pero si permiten su uso para la producción forestal con manejo técnico para no causar deterioro en la capacidad productiva del suelo ni alterar el régimen hidrológico de la cuenca (MINAGRI, 2009).

### **Tierras de Protección (X).**

Este grupo comprende todas aquellas tierras que no reúnen las condiciones ecológicas mínimas requeridas para el cultivo, pastoreo o producción forestal. Presentan

características edáficas y climáticas totalmente limitantes para los otros grupos de capacidad de uso mayor. Se incluye en este grupo las lagunas, pantanos, playas, cauces de río y otras tierras que a pesar de presentar vegetación natural boscosa, arbustiva o herbácea, su uso no es económico y deben ser manejados con fines de protección de cuencas hidrográficas, vida silvestre, fines científicos, recreativos y otros que impliquen beneficio colectivo (MINAGRI, 2009).

Estos grupos pueden subdividirse en clases de capacidad de uso mayor, las cuales constituyen la calidad agrológica de cada grupo (ver Tabla 10, *Clases de Capacidad de Uso Mayor de las Tierras*).

**Tabla 10.** *Clases de Capacidad de Uso Mayor de las Tierras*

<b>Símbolo</b>	<b>Clases</b>
1	Calidad agrológica alta
2	Calidad agrológica media
3	Calidad agrológica baja

**Fuente:** Reglamento de Clasificación de Tierras por Capacidad de Uso Mayor D.S. N° 017-2009-AG.

La **Calidad agrológica** viene a ser la síntesis de las propiedades de fertilidad, condiciones físicas, relaciones suelo-agua, las características de relieve y climáticas, dominantes y representa el resumen de la potencialidad del suelo para producir plantas específicas o secuencias de ellas bajo un definido conjunto de prácticas de manejo (MINAGRI, 2009).

De esta forma, se han establecido tres (03) clases de calidad agrológica: **alta, media y baja**. La clase de **Calidad Alta** comprende las tierras de mayor potencialidad y que requieren de prácticas de manejo y conservación de suelos de menor intensidad; la clase

de **Calidad Baja** reúne a las tierras de menor potencialidad dentro de cada grupo de uso, exigiendo mayores y más intensas prácticas de manejo y conservación de suelos para la obtención de una producción económica y continuada. La clase de **Calidad Media** corresponde a las tierras con algunas limitaciones y que exigen prácticas moderadas de manejo y conservación de suelos (MINAGRI, 2009).

Existe además una división adicional referida a las limitaciones específicas del suelo, como se puede observar en la Tabla 11.

**Tabla 11.** *Subclases de Capacidad de Uso Mayor de las Tierras*

<b>Símbolo</b>	<b>Subclases</b>
s	Limitación por suelo
l	Limitación por sales
e	Limitación por topografía y erosión
w	Limitación por drenaje
i	Limitación por riesgo de inundación o anegamiento
c	Limitación por clima
<b>Condiciones especiales</b>	
t	Uso temporal
a	Presencia de Terraceo - Andenería
r	Riego permanente o suplementario

**Fuente:** Reglamento de Clasificación de Tierras por Capacidad de Uso Mayor D.S.N° 017-2009-AG.

Constituye la tercera categoría del presente Sistema de Clasificación de Tierras, establecida en función a factores limitantes, riesgos y condiciones especiales que restringen o definen el uso de las tierras. La subclase de capacidad de uso, agrupa tierras de acuerdo al tipo de limitación o problema de uso. Lo importante en este nivel categórico es puntualizar la deficiencia o condiciones más relevantes como causal de la limitación del uso de las tierras (MINAGRI, 2015b)

Los parámetros edáficos considerados en la evaluación de la capacidad de uso mayor de las tierras (D.S. 017-2009-AG) son:

**Tabla 12. Pendiente**

<b>Laderas cortas (&lt; 50 m)</b>	
<b>Denominación</b>	<b>Rango (%)</b>
Nula o casi a nivel	00 - 04
Ligeramente inclinada	05 - 08
Ligeramente inclinada a moderadamente empinada	09 - 15
Moderadamente empinada	16 - 25
Empinada	26 - 50
Muy empinada	51 - 75
Extremadamente empinada	> 75
<b>Laderas largas (&gt; 50 m)</b>	
<b>Denominación</b>	<b>Rango (%)</b>
Nula	00 - 02
Casi a nivel	03 - 04
Ligeramente inclinada	05 - 08
Ligeramente inclinada a moderadamente empinada	09 - 15
Moderadamente empinada	16 - 25
Empinada	26 - 50
Muy empinada	51 - 75
Extremadamente empinada	> 75

**Fuente:** Reglamento de Clasificación de Tierras por Capacidad de Uso Mayor D.S.N° 017-2009-AG.

**Tabla 13. Microtopografía o microrelieve**

<b>Símbolo</b>	<b>Clase</b>	<b>Descripción</b>
1	Plano	Ausencia de microondulaciones o microdepresiones
2	Ondulado Suave	Con microondulaciones muy espaciadas.
3	Ondulado	Con microondulaciones de igual anchura y profundidad.
4	Microquebrado o Microaccidentado	Presentan microondulaciones más profundas que anchas.

**Fuente:** Reglamento de Clasificación de Tierras por Capacidad de Uso Mayor D.S.N° 017-2009-AG.

**Tabla 14. Profundidad efectiva**

<b>Profundidad (cm)</b>	<b>Clases de Profundidad</b>
< de 25	Muy superficiales
25 – 50	Superficiales
50 – 100	Moderadamente profundo
100 – 150	Profundo
> de 150	Muy profundo

**Fuente:** Reglamento de Clasificación de Tierras por Capacidad de Uso Mayor D.S.N° 017-2009-AG.

**Tabla 15. Textura**

<b>Grupos texturales</b>		<b>Clase Textural</b>
<b>Símbolo</b>	<b>Grupos</b>	
G	Gruesa	Arena
		Arena franca
MG	Moderadamente Gruesa	Franco arenoso
M	Media	Franco
		Franco limoso
		Limoso
MF	Moderadamente Fina	Franco arcilloso
		Franco arcillo limoso
		Franco arcillo arenoso
		Arcillo arenoso
F	Fina	Arcillo limoso
		Arcilloso

**Fuente:** Reglamento de Clasificación de Tierras por Capacidad de Uso Mayor D.S.N° 017-2009-AG.

**Tabla 16. Fragmentos rocosos**

<b>Símbolo</b>	<b>Clase</b>	<b>Descripción</b>
0	Libre a ligeramente gravoso (Guijarroso o pedregoso)	Contiene menos del 15% de fragmentos rocosos por volumen de suelo.
1	Gravoso (Guijarroso o pedregoso)	Contiene 15 a 35% de fragmentos rocosos por volumen de suelo.
2	Muy gravoso (Guijarroso o pedregoso)	Contiene 35 a 60% de fragmentos rocosos por volumen de suelo.
3	Extremadamente gravoso (Guijarroso o pedregoso)	Contiene más de 60% de fragmentos rocosos por volumen de suelo.

**Fuente:** Reglamento de Clasificación de Tierras por Capacidad de Uso Mayor D.S.N° 017-2009-AG.

**Tabla 17 . Reacción o pH**

<b>Rangos</b>	<b>Clases de pH</b>
Menos de 3,5	Ultra ácido
3,6 – 4,4	Extremadamente ácido
4,5 – 5,0	Muy fuertemente ácido
5,1 – 5,5	Fuertemente ácido
5,6 – 6,0	Moderadamente ácido
6,1 – 6,5	Ligeramente ácido
6,6 – 7,3	Neutro
7,4 – 7,8	Ligeramente alcalino
7,9 – 8,4	Moderadamente alcalino

**Fuente:** Reglamento de Clasificación de Tierras por Capacidad de Uso Mayor D.S.N° 017-2009-AG.

**Tabla 18. Pedregosidad superficial**

<b>Símbolo</b>	<b>Clase de Pedregosidad</b>	<b>Descripción</b>
0	Libre a ligeramente pedregoso	No interfiere con la labranza. Las piedras cubren entre 0,01 y 0,1% de la superficie. Las piedras ocasionales se encuentran a distancias mayores a 20 m. Presencia de piedras que dificultan la labranza.
1	Moderadamente pedregoso	Requieren de labores de desempedrado para cultivos transitorios. Las piedras cubren entre 0,1 y 3% de la superficie. Las piedras se distancian entre 3 y 20 m. Presencia de piedras en cantidad suficiente para impedir cultivos transitorios, pero permiten la siembra
2	Pedregoso	de cultivos perennes. Las piedras cubren entre 3 y 15% de la superficie. Las piedras se distancian entre 1 y 3 m. Presencia de piedras en cantidad suficiente para impedir toda posibilidad de cultivo económico, pero
3	Muy pedregoso	permite el pastoreo o extracción de madera. Las piedras cubren entre 15 y 50% de la superficie. Las piedras se distancian entre 0,5 y 1 m. Presencia de piedras en cantidad suficiente para impedir todo uso económico inclusive ganadero y
4	Extremadamente pedregoso	producción forestal. Las piedras cubren entre 50 y 90% de la superficie. Las piedras se distancian menos de 0,5 m.

**Fuente:** Reglamento de Clasificación de Tierras por Capacidad de Uso Mayor D.S.N° 017-2009-AG.

**Tabla 19. Drenaje interno**

<b>Símbolo</b>	<b>Clase</b>	<b>Descripción</b>
A	Excesivo	El agua es removida del suelo muy rápidamente. Los suelos en esta clase de drenaje son arenas y muy porosos, áreas muy empinadas (escarpadas) o ambos; pueden incluir subgrupos líticos.
B	Algo excesivo	El agua es removida del suelo rápidamente. Esta clase de drenaje incluye suelos porosos, de permeabilidad moderadamente rápida y/o escurrimiento rápido, áreas empinadas o ambos. El solum está normalmente libre de moteaduras y gley.
C	Bueno	El agua es removida del suelo con facilidad, pero no rápidamente. Incluye generalmente suelos de textura media. Puede haber moteaduras de gley en la parte inferior del horizonte C o a profundidades mayores.
D	Moderado	El agua es removida del suelo algo lentamente, de tal manera que el perfil este mojado por un periodo pequeño, pero significativo de tiempo. Por ejemplo, suelos con la napa algo alta, capa ligeramente impermeable del suelo, a menudo hay moteaduras de gley en el horizonte B.
E	Imperfecto	El agua es removida lo suficientemente lenta como para mantenerlo mojado por periodos significativos, pero no todo el tiempo. Por ejemplo, suelos con la napa alta, capa poco impermeable superficial. A menudo hay moteaduras de gley en la parte inferior del horizonte A o inmediatamente debajo de este.
F	Pobre	El agua es removida del suelo tan lentamente que el suelo permanece mojado por un largo periodo de tiempo. Por ejemplo, suelos con la napa alta, capa poco impermeable superficial, filtraciones, áreas ligeramente depresionadas.
G	Muy pobre	El agua es removida del suelo tan lentamente que una lámina de agua permanece en la superficie casi todo el año, impidiendo el desarrollo de las plantas mesofíticas <sup>1</sup> . Los suelos se encuentran en áreas planas o depresionadas y están frecuentemente inundadas.

**Fuente:** Reglamento de Clasificación de Tierras por Capacidad de Uso Mayor D.S.Nº 017-2009-AG.

**Tabla 20. Erosión hídrica**

<b>Grado de erosión</b>	<b>Descripción</b>
Muy ligera	Se observa síntomas de erosión difusa que se caracteriza por una remoción y arrastre imperceptible de partículas de suelo.
Ligera	Se observa síntomas de erosión laminar, caracterizado por la remoción y arrastre laminar casi imperceptible de partículas de suelo y presencia de canalículos. Ausencia de surcos y cárcavas.
Moderada	Se observa síntomas de erosión a través de la existencia de regular cantidad de surcos. Ausencia o escasez de cárcavas.
Severa	Presencia abundante de surcos y cárcavas no corregibles por las labores de suelo.
Extrema	Suelos prácticamente destruidos o truncados. Presencia de muchas cárcavas que en conjunto conforman los “badlands”.

**Fuente:** Reglamento de Clasificación de Tierras por Capacidad de Uso Mayor D.S.N° 017-2009-AG.

**Tabla 21. Salinidad y/o sodicidad**

<b>Símbolo</b>	<b>Clase</b>	<b>Descripción</b>
0	Libre a muy ligeramente afectados de excesos de sales y sodio.	Prácticamente ningún cultivo se encuentra inhibido en su crecimiento o muestra dalos provocados por exceso de sales o sodio. Los suelos muestran conductividad eléctrica inferior a 4 dS/m. El porcentaje de sodio es menor del 4%.
1	Ligeramente afectados por sales y sodio.	El crecimiento de las especies sensibles está inhibido, pero las plantas tolerantes pueden subsistir. La conductividad eléctrica varía de 4 a 8 dS/m. El porcentaje de sodio es de 4 a 8%.
2	Moderadamente afectados por sales y sodio.	El crecimiento de los cultivos está inhibido y muy pocas plantas pueden desarrollar adecuadamente. La conductividad eléctrica varía de 8 a 16 dS/m. El porcentaje de sodio está entre 8 y 15%.
3	Fuertemente afectados por sales y sodio.	No se puede cultivar económicamente. La conductividad eléctrica es mayor de 16 dS/m. El porcentaje de sodio sobrepasa el 15%.

**Fuente:** Reglamento de Clasificación de Tierras por Capacidad de Uso Mayor D.S.Nº 017-2009-AG.

**Tabla 22. Riesgos de anegamiento**

<b>Símbolo</b>	<b>Clase</b>	<b>Descripción</b>
0	Sin riesgo o peligro de Inundación	Incluye años de inundación muy excepcionales y por breve duración. El anegamiento es de poca profundidad y por periodos cortos en ciertos meses de todos o algunos años. Permite cultivos tanto perennes como estacionales.
1	Inundación Ligera	El anegamiento es de gran profundidad y por periodos moderadamente prolongados en todos los años. Esto hace muy difícil o imposible el uso del suelo para cultivos perennes, permitiendo, sin embargo, el cultivo estacional de algunas plantas en cultivos en limpio o pastos.
2	Inundación moderada	El anegamiento es profundo y frecuente, por periodos muy prolongados que no permiten la instalación de ningún cultivo o el cultivo de pastos continuado.
3	Inundación Severa	El anegamiento es de duración casi permanente.
4	Inundación Extrema	

**Fuente:** Reglamento de Clasificación de Tierras por Capacidad de Uso Mayor D.S.N° 017-2009-AG.

**Tabla 23. Clima**

CLAVE	ZONA DE VIDA	TIPOS CLIMATICOS	Grupos de Capacidad de Uso Mayor				
			A	C	P	F	X
			Calidad Agrológica				
1	d-T, d-S, d-Tc, d-PT, d-PS, d-PTc, d-MBT, d-MBS.	Árido - cálido	1(r)	1(r)	-	-	-
2	md-T, md-S, md-Tc, md-PT, md-MBT, md-MBS, md-MBTc, mte-T, mte-S, mte-PT	Árido-templado cálido Semiárido - templado cálido	1(r)	1(r)	-	-	-
3	d-MT, d-MS, d-MTc, md-MT, md-MS.	Árido-templado cálido	-	-	3(t)	-	-
4	ee-MBT, ee-MBS	Semiárido - templado cálido	2(r)	-	2(t)	-	-
5	e-MT, e-MS	Semiárido-semifrío	3(r)	-	2(t)	-	-
6	ph-SaT, ph-SaS, pmh-SaT, pmh-SaS, pp-SaT, pp-SaS, pps-SaS.	Húmedo-semifrío	-	-	2	-	-
7	tp-AT, tp-AS, tmh-AS, th-AS, th-ATc. md-SaT, md-SaS, md-SaTc.	Húmedo - frígido	-	-	3	-	-
8	bms-T, bs-PT, bs-S	Subhúmedo - cálido	1(r)	1(r)	2(t)	-	-
9	bs-MBT, bs-MBS	Subhúmedo-templado	2	-	2	3	-
10	bh-MT, bh-MS	Húmedo-semifrío	2	-	1	3	-
11	bs-T, bh-PT, bh-S	Subhúmedo-cálido	1	1	1	1	-
12	bh-MBT, bh-MBS	Húmedo-templado	2	-	1	1	-
13	bmh-MT, bmh-MS	Húmedo - semifrío	3	-	2	3	-
14	bh-T, bmh-PT, bmh-S bmh-MBT, bmh-MBS	Muy húmedo cálido	2	2	3	1	-
15	bmh-T, bp-PT, bp-S	Muy húmedo cálido	3	3	3	2	-

**Fuente:** Reglamento de Clasificación de Tierras por Capacidad de Uso Mayor D.S.º 017-2009-AG.

**Tabla 24. Fertilidad del suelo**

<b>Símbolo</b>	<b>Clase de Fertilidad</b>	<b>Descripción</b>
1	Fertilidad Alta	Todos los contenidos de materia orgánica, nitrógeno, fósforo y/o potasio son altos.
2	Fertilidad Media	Cuando alguno de los contenidos de materia orgánica, fósforo y/o potasio es medio, los demás son altos.
3	Fertilidad Baja	Cuando por lo menos uno de los contenidos de materia orgánica, fósforo y/o potasio es bajo.

**Fuente:** Reglamento de Clasificación de Tierras por Capacidad de Uso Mayor D.S.N° 017-2009-AG.

**Tabla 25. Parámetros que definen la fertilidad del suelo**

<b>Nivel</b>	<b>Materia Orgánica (%)</b>	<b>Fósforo disponible (ppm)</b>	<b>Potasio disponible (ppm)</b>
Bajo	Menor de 2	Menor de 7	Menor de 100
Medio	2 - 4	7 - 14	100 - 240
Alto	Mayor de 4	Mayor de 14	Mayor de 240

**Fuente:** MINAGRI (2015a).

## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA Y MATERIALES

#### 3.1. Descripción general de la Zona

##### 3.1.1. Generalidades de la zona de estudio

La Cuenca del río Cajamarca, cuenta con un potencial muy importante de recursos naturales y agropecuarios, en especial distribuidos en los distritos de Eduardo Villanueva – La Grama, Chancay, Ichocán, Gregorio Pita - Paucamarca, Pedro Gálvez – San Marcos, Matara, Namora, Llacanora, La Encañada, Baños del Inca, Jesús y Cajamarca; donde se conduce una agricultura de autoconsumo mayormente al secano, teniendo como cultivos principales la papa (*Solanum tuberosum* L.), maíz (*Zea Mays* L.) y ajo (*Allium sativum* L.), además de frutales como palto (*Persea americana* L.), naranja (*Citrus sinensis* Osbeck) , lima (*Citrus aurantifolia* (Christm.) Swingle), níspero (*Eriobotrya japónica* (Thunb.) Lindl.) y paca (*Inga edulis* Mart.), cultivados en los suelos más desarrollados; trigo (*Triticum aestivum* L.) y cebada (*Hordeum vulgare* L.) en los suelos de ladera; pequeñas chacras de hortalizas en terrenos bajo riego y otras tuberosas como la oca (*Oxalis tuberosa* Molina) y el olluco (*Ullucus tuberosus* Caldas), cultivados a veces en suelos marginales para la agricultura; además de una actividad pecuaria de vacunos mejorados en los principales valles como el valle de Cajamarca y Polloc en La Encañada, vacunos y ovinos criollos conducidos mayormente en praderas de pastos naturales; y animales menores de tipo familiar.

### **3.1.2. Ubicación**

El presente estudio, comprende toda la cuenca del río Cajamarca, cubre una extensión de 212 862.09 ha. Geográficamente, el área de acción del proyecto, se encuentra comprendida en un cuadrante delimitado por las coordenadas UTM 761818 y 825819 m Este y 9169273 y 9234000 m Norte (Figura 1); entre los límites altitudinales 2 000 m.s.n.m. en el sector de La Grama en el ingreso al valle de Condebamba y 4 200 m.s.n.m. en la cima del cerro Sugares en la mina Yanacocha.

Políticamente, la cuenca del río Cajamarca comprende los distritos de Eduardo Villanueva – La Grama, Chancay, Ichocán, Gregorio Pita - Paucamarca, Pedro Gálvez – San Marcos, Matara, Namora, Llacanora, La Encañada, Baños del Inca, Jesús y Cajamarca; pertenecientes a las provincias de Pedro Gálvez – San Marcos, Cajabamba y Cajamarca, departamento de Cajamarca, en la zona norte del Perú.

La Figura 1, nos muestra el mapa de ubicación de la cuenca del río Cajamarca en el departamento de Cajamarca.





**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**  
**ESCUELA DE POST GRADO**  
**PROGRAMA DE DOCTORADO**

MENCION: GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES

TESIS: COMPATIBILIDAD DE LOS SISTEMAS DE CLASIFICACIÓN DE TIERRAS  
 POR USO MAYOR Y USO POTENCIAL EN LOS SUELOS DE LA CUENCA DEL RÍO CAJAMARCA

**MAPA DE UBICACIÓN**



TESISTA: WILFREDO POMA ROJAS	Proyección: UTM	DATUM: WGS 84 Zona 17S
Fuente: Elaboración propia	Escala: 1:25,000	<b>FIGURA 1</b>

*Figura 1.* Mapa de ubicación de la cuenca del río Cajamarca

### **3.1.3. Geología**

En la cuenca del Río Cajamarca, se pueden apreciar diferentes formaciones geológicas, que se resumen de la siguiente manera (Landa et al., 1978)

#### **3.1.3.1. Formaciones del Cuaternario**

- **Depósitos Aluviales (Q-al)**

Los depósitos aluviales en la zona de estudio, están constituidos por una serie de conos y terrazas altas formadas por conglomerados calcáreos de consolidación variable en la franja oeste del río Cajamarca a la altura de Jesús. Son de edad Pleistocena y podrían resultar de la acumulación de detritos originados por la fusión de los glaciares que ocupaban las alturas de la cordillera situada en las partes altas de Lorito y La Shita, al oeste del río Cajamarca.

- **Depósitos Fluvio-Aluviales (Q-fal)**

Se ubican principalmente en las zonas de influencia aluvial de los ríos Encañada y Mashcón. Estos depósitos, están formados por arenas, arcillas, gravas, y fragmentos rocosos angulares y subangulares. No presentan estratificación definida y se originan por acción conjunta del agua y de la gravedad.

- **Depósitos Fluvioglaciares (Q-ig)**

Están formados por grandes llanuras de acumulación, entre los que destacan el valle de Cajamarca, la pampa de Yamobamba en Namora, las pampas de Sondor hasta Río Seco, las pampas de La Culebra y Polloc en La Encañada, así como en la zona de San Marcos e Ichocán, en donde se encuentran asociados a delgadas capas de turba yesífera.

- **Depósitos glaciares (Qp-gl)**

Algunos sectores de la cuenca del río Cajamarca, se encuentran evidencias de haber sufrido una intensa glaciación. En la actualidad ya no quedan remanentes de glaciares. Las partes altas se caracterizan por presentar una topografía accidentada, parcialmente denudada o relativamente suave, ambas en un intenso proceso de erosión; pero aun así pueden observarse valles en forma de U, superficies estriadas, depósitos morrénicos y abanicos fluvioglaciares.

- **Depósitos Lacustres (Qp-la)**

Están constituidos por grandes llanuras de acumulación, formadas como consecuencia de las deposiciones fluvioglaciares ocurridas en épocas geológicas pasadas; ocupan vasos o valles de mucho dinamismo agropecuario y se caracterizan por presentar una topografía plana, relativamente suave, con una erosión nula, por la presencia de una buena cobertura vegetal.

### **3.1.3.2. Formaciones del Terciario**

- **Formación Condebamba (Ts-co)**

Está constituida por terrazas muy altas que dominan San Marcos, igualmente se observa un pequeño afloramiento al norte de Matara y constan de conglomerados y arenas de diversa composición.

- **Volcánico Huambos (Ts-vh)**

Esta formación se ubica al suroeste y noroeste de la ciudad de Cajamarca y consisten de materiales volcánicos extrusivos tales como

lavas, brechas de flujo, aglomerados y tufos volcánicos de naturaleza andesítica, dacítica, traquítica y riolítica organizados en lechos casi horizontales recortados por una red de quebradas profundas.

- **Volcánico San Pablo (Ts-vsp)**

Esta formación, se localiza en un afloramiento pequeño al noroeste de la ciudad de Cajamarca y consiste de derrames y brechas de composición dacítica, riolítica y andesítica, son de textura porfírica y de colores abigarrados, generalmente se presentan estratificados en bancos gruesos.

### **3.1.3.3. Formaciones del Secundario-Cretáceo**

- **Formación Celendín (Ks-ce)**

Esta formación, se localiza en dos pequeños afloramientos al noreste de Cajamarca, en la zona de Chinchín y Sangal. Está formada por una secuencia calcárea que consiste de lutitas calcáreas blandas bastante fosilíferas de color amarillento y gris claro que se intercalan con capas delgadas de calizas gris oscuras.

- **Formación Cajamarca (Ks-ca)**

Esta formación, se localiza al suroeste de San Marcos y en los alrededores de la formación Celendín, presentándose en forma de una secuencia de calizas macizas y densas de color gris oscuro o gris azulado; son litográficas y se presentan en estratos gruesos que contienen fósiles de moluscos.

- **Formación Quilquiñán-Mujarrún (Ks-qm)**

Esta formación lo ubicamos en los alrededores de la formación Cajamarca y están constituidos por una serie de estratos de calizas y margas, así como de paquetes de lutitas y margas friables de color amarillento parduzco a gris azulado. Las rocas de este grupo son bastante blandas y fosilíferas.

- **Formación Yumagual (Ks-yu)**

Esta formación, lo ubicamos en la zona de Polloc alrededor de la formación Quilquiñán-Mujarrún; se observa también una franja al sur de Jesús y de Río Seco, así como un pequeño islote al oeste de Cajamarca.

- **Formación Inca (Ki-i)**

Esta formación inicialmente llamada “Capas Rojas” por Tafur (1950). En varios lugares, se observa que gradualmente se intercalan areniscas calcáreas, lutitas ferruginosas y lechos de cuarcitas, dando en superficie un matiz amarillento. En los alrededores de Cajamarca es de coloración rojiza, pero en el resto del área, el color predominante es amarillo-anaranjado, con evidente acción de limonitización. Su grosor pasa de los 100 m.

- **Formación Chulec (Ki-c)**

Litológicamente, consta de una secuencia bastante fosilífera de calizas arenosas, lutitas calcáreas y margas, las que por intemperismo adquieren un color crema-amarillento. Su aspecto terroso amarillento es una característica para distinguirlo en el campo. Su grosor varía entre 200 y 250 m.

- **Formación Pariatambo (Ki-p)**

Esta unidad, consiste de una alternancia de lutitas con lechos delgados de calizas bituminosas negruzcas, estratos calcáreos con nódulos silíceos y dolomíticos, con un característico olor fétido al fracturarlas. Generalmente su espesor oscila entre 150 y 200 m. Las mejores exposiciones de esta unidad se encuentran en los alrededores de Cajamarca, La Encañada y San Marcos.

- **Formación Chimú (Ki-chim)**

Litológicamente, la formación Chimú consiste de una alternancia de areniscas, cuarcitas y lutitas en la parte inferior y de una potente secuencia de cuarcitas blancas, en bancos gruesos, en la parte superior. Las areniscas son generalmente de grano mediano a grueso, con ocasionales lentes de granos de cuarzo poco redondeados. Es frecuente encontrar en los niveles inferiores e intermedios de la formación Chimú mantos de carbón, como en San Marcos y Sondor.

- **Formación Santa (Ki-sa)**

Consiste en una intercalación de lutitas y calizas margosas, y areniscas gris oscuras, con un grosor que oscila entre 100 y 150 m. La formación Santa intemperiza generalmente con un tono gris marrón. Localmente contiene nódulos calcáreos y como sus afloramientos topográficamente conforman depresiones, están cubiertos mayormente por suelo, razón por la cual sólo son observables en los cortes de quebradas y carreteras. Siempre dan origen a suelos blancos, deleznable y fangosos. Ocasionalmente tiene horizontes fosilíferos.

- **Formación Carhuáz (Ki-ca)**

Esta formación consta de una alternancia de areniscas con lutitas grises, las primeras con matices rojizos, violetas y verdosos. En algunos sectores contiene bancos y cuarcitas blancas que se intercalan con lutitas y areniscas. Solamente en la bajada de Jocos se ha observado delgados lechos carbonosos en esta formación; tiene un grosor aproximado de 500 m.

- **Formación Farrat (Ki-f)**

Esta formación, consta de cuarcitas y areniscas blancas de grano medio a grueso, tiene un grosor promedio de 500 m. En algunos lugares se observa estratificación cruzada y marcas de oleaje. Por su similitud litológica en la formación Chimú es fácil confundirlas, siendo necesario en el campo, establecer muy bien sus relaciones estratigráficas para diferenciarlas, aunque en algunos casos solamente por falta de mantos de carbón es posible diferenciarla de la formación Chimú.

- **Formación Chota (Ks-ch)**

Litológicamente, la formación Chota está constituida por un conglomerado calcáreo gris parduzco en el sector occidental y areniscas rojizas intercaladas con bancos de arenas tobáceas de colores claros, verdosos y violáceos, en la parte oriental.

- **Formación Cajabamba (Nm-cj)**

La formación Cajabamba, está constituida por una secuencia de lutitas, lodolitas y areniscas finas de color blanco-amarillento que afloran en el

norte de Cajamarca; su exposición más extensa se ubica al este de San Marcos. Su grosor aproximado es de 200 m.

- **Grupo Goyllarisquizga (Ki-g)**

Este grupo está ampliamente distribuido en toda la zona de estudio y se encuentra afectado por intensos plegamientos y fallamientos. Litológicamente, está constituido por areniscas cuarzosas de grano medio a grueso y de cuarcitas de grano fino a grueso de colores blancos a grises con intercalaciones de lutitas pizarrosas y arenosas, algunas veces micáceas de estratificación delgada que tienen colores generalmente oscuros. Contienen también calizas arcillosas negras y limolitas marrón rojizas a parduscas estratificadas en capas gruesas a medianas.

#### **3.1.3.4. Formación del Secundario Jurásico**

- **Formación Chicama (Js-ch)**

Esta formación, se localiza en la parte sureste de la zona estudiada y está representada por gruesos paquetes de lutitas de color negro, gris negruzco, gris verdoso y rojizo; algunas veces son carbonosas, fosilíferas, nodulares y/o fisibles y presentan en algunos lugares una marcada laminación. Las lutitas se hallan intercaladas con lechos delgados, de cuarcitas gris blanquecinas, areniscas friables de grano grueso a medio y de colores pardo y marrón, así como escasos bancos de rocas volcánicas.

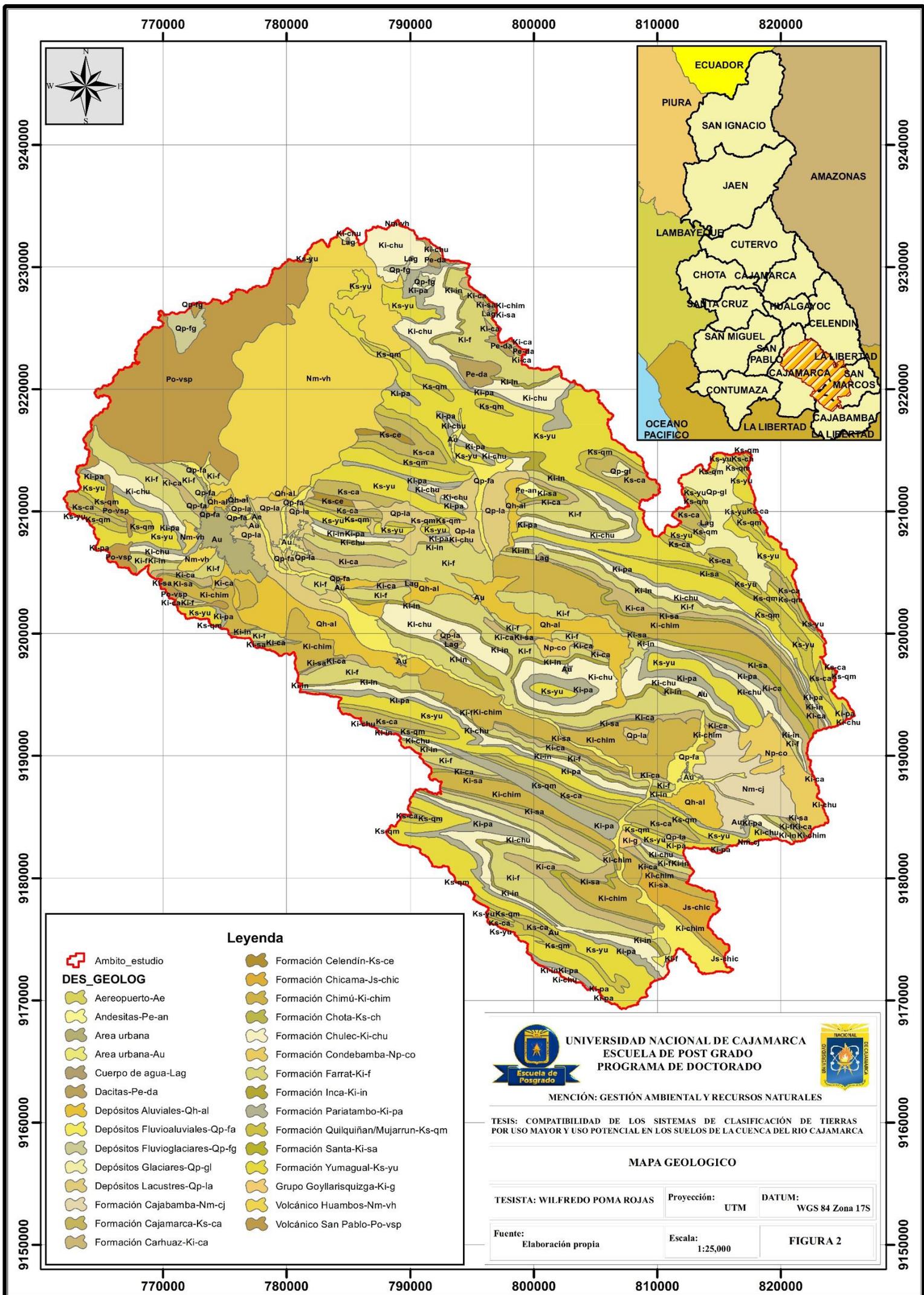


Figura 2. Mapa geológico de la cuenca del río Cajamarca

#### **3.1.4. Geomorfología**

En la zona de estudio, los principales factores geomorfológicos son topográficos, climáticos y actividades antrópicas que han influido a través del tiempo en el modelado y geoformas del paisaje. En la zona de estudio el nivel topográfico inferior tiene una cota de 2000 msnm y el nivel superior se encuentra a 4000 m.s.n.m.; dentro de este rango se observa un escenario climático bien definido, con un clima que oscila desde subhúmedo templado hasta húmedo y semifrío, un relieve variado, desde plano en los valles, ondulado suave, ondulado hasta empinado con presencia de colinas y cerros; donde por la configuración geomorfológica y la potencialidad de los recursos, se desarrollan actividades agrícolas y pecuarias mayormente de autoconsumo. Los distritos de Eduardo Villanueva – La Grama, Chancay, Ichocán, Gregorio Pita - Paucamarca, Pedro Gálvez – San Marcos, Matara, Namora, Llacanora, La Encañada, Baños del Inca, Jesús y Cajamarca; cada uno con numerosos caseríos son las localidades más importantes de la cuenca del río Cajamarquino (Alcántara, 2010 y Alcántara, 2011)

#### **3.1.5. Hidrografía**

La cuenca del río Cajamarca, se encuentra ubicado desde el punto de vista hidrológico dentro de la cuenca del Marañón. La red hidrográfica del área de estudio está constituida por los ríos Chonta, Mashcón, Porcón, río Grande, Azufre, Quinuario, Encajón, Quilish, Hornomayo, Porconcillo, San Vicente, San Lucas, Balconcillo, Urubamba, Sambar, El Namora, Shitamalca, La Masma, Molino, Chucsen, Muyoc y Cascasén, entre otros; los cuales tienen su origen en las partes altas al norte, noreste y noroeste de la zona de estudio, los cuales drenan sus aguas

al río Cajamarca. El río Cajamarca tiene una orientación noroeste-sureste y tiene su origen en varios cursos secundarios y quebradas de régimen torrencial variable, que discurren de los principales cerros y colinas que rodean la cuenca del río Cajamarca (Poma, 2009a).

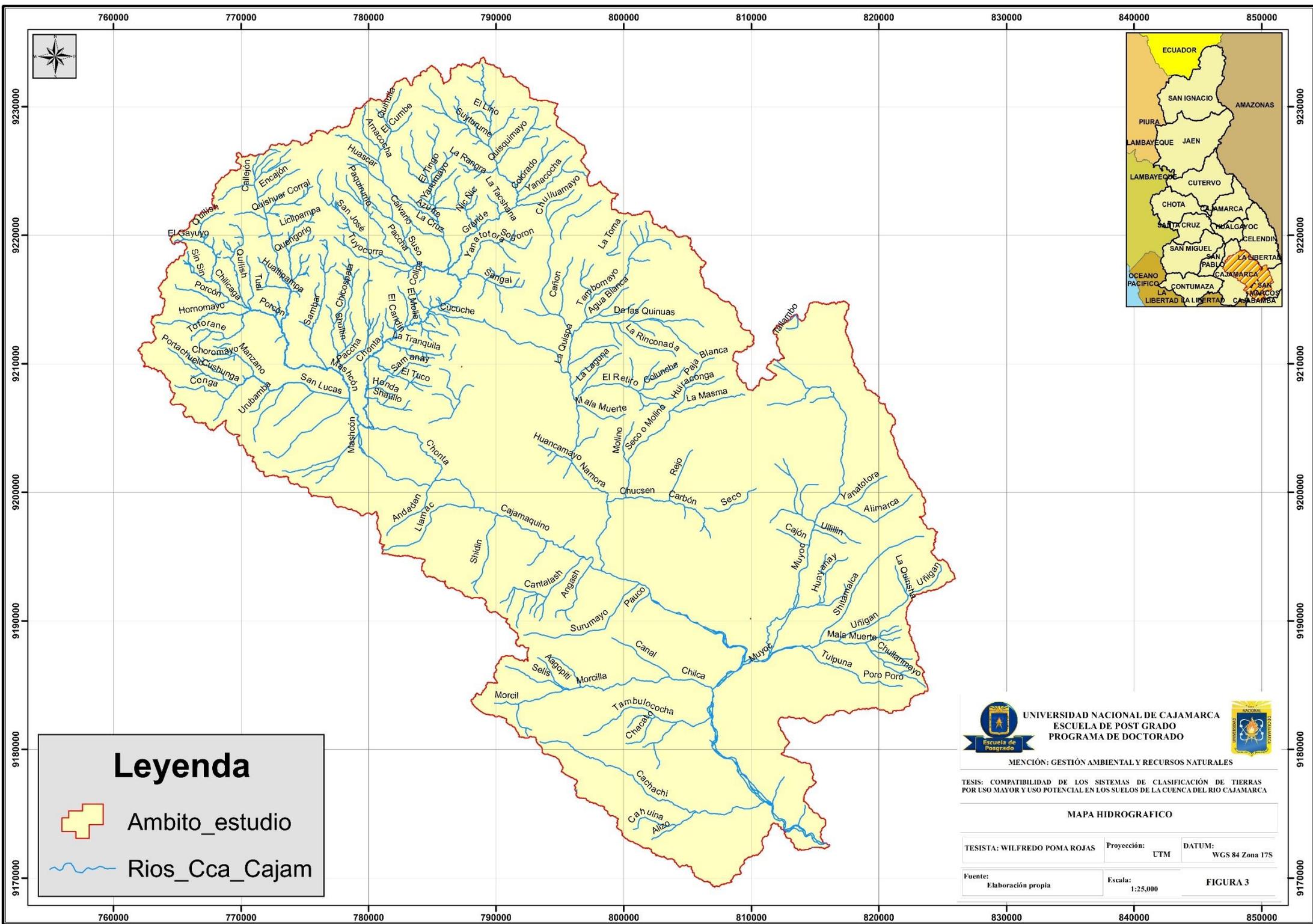


Figura 3. Mapa hidrológico de la cuenca del río Cajamarca

### 3.1.6. Ecología

De acuerdo al mapa ecológico del Perú y de acuerdo a la clasificación de formaciones vegetales del Mundo de L. Holdridge, en la zona de estudio tenemos cinco zonas de vida natural (MINAGRI, 1995), que son:

- **Bosque seco Premontano Tropical (bs-PT)**

Esta zona de vida natural se encuentra en las partes más bajas de cuenca del río Cajamarca; correspondiendo a elevaciones comprendidas entre 2000 y 2400 m.s.n.m. Su clima se caracteriza por precipitaciones que varían de 600 a 800 mm promedio anual, con una biotemperatura media anual máxima de 25.1 °C y una media anual mínima de 17.4 °C. El promedio de evapotranspiración potencial total por año varía entre 1 y 2 veces la precipitación, por lo tanto, se ubica en la provincia de humedad subhúmedo.

La vegetación natural está constituida por un bosque alto o asociaciones de árboles y/o arbustos y graminales pluvifolios. Entre los árboles pequeños destacan la “tara” *Caesalpinia tinctoria*, “harabisco” *Jacaranda* sp., “hualango” *Acacia* sp. y arbustos como la “chamana” *Dodonea viscosa* y algunos cactus del género *Cereus*.

- **Bosque seco Montano Bajo Tropical (bs-MBT)**

Esta zona de vida natural se encuentra en alturas comprendidas entre 2400 y 2800 m.s.n.m. Su clima se caracteriza por presentar un promedio máximo de precipitación total por año de 972.9 mm. y un promedio mínimo de 449.3 mm, con una biotemperatura media anual máxima de 16.5 °C y una media anual mínima de 10.9 °C. El promedio de

evapotranspiración potencial total por año varía entre 1 y 2 veces la precipitación, ubicando por lo tanto a esta zona de vida en la provincia de humedad como subhúmedo.

La vegetación primaria de esta zona de vida, ha sido fuertemente deteriorada y sustituida en gran parte por los cultivos que se conducen mediante el riego o con la lluvia. Los principales indicadores vegetales de esta zona de vida son la “retama” *Spartium junceum*, el “maguey” *Agave americana*, el “eucalipto” *Eucalyptus globulus*, el “capulí” *Prunus capuli* y la “chamana” *Dodonea viscosa*.

- **Bosque húmedo Montano Tropical (bh-MT)**

Esta zona de vida natural se encuentra en alturas comprendidas entre 2800 y 3800 m.s.n.m. Su clima se caracteriza por presentar un promedio máximo de precipitación total por año de 1 154 mm. y un promedio mínimo de 498 mm, con una biotemperatura media anual máxima de 13.1 °C y una media anual mínima de 7.3°C. El promedio de evapotranspiración potencial total por año varía entre la mitad (0.5) y una cantidad igual (1) al volumen de precipitación promedio total por año, ubicando por lo tanto a esta zona de vida en la provincia de humedad como húmedo.

La vegetación natural de esta zona de vida, prácticamente ha desaparecido por acción del hombre y se reducen a pequeños relictos o bosques residuales de “chachacomo” *Escallonia* sp., “quinual” *Polylepis racemosa*, “romerillo” *Podocarpus* sp., “quishuar” *Buddleia incana*, “saúco” *Sambucus peruviana*, “sauce” *Salix humboltiana*, “aliso” *Alnus*

*gorulensis*, “capulí” *Prunus capulí*, “chocho” *Lupinus mutabilis*, “salvia” *Salvia sagittata*, etc. En las partes altas de esta zona de vida se encuentra dominada por praderas naturales, constituidas principalmente por especies de la familia de las gramíneas como *Stipa*, *Calamagrostis*, *Estucha*, *Paspalum* y *Poa*.

- **Bosque húmedo Montano Bajo Tropical (bh-MBT)**

Esta zona de vida natural se encuentra en alturas comprendidas entre 1800 y 3000 m.s.n.m. Su clima se caracteriza por presentar un promedio máximo de precipitación total por año de 1972 mm. y un promedio mínimo de 790.7 mm, con una biotemperatura media anual máxima de 17.9 °C y una media anual mínima de 12.6°C. El promedio de evapotranspiración potencial total por año varía entre la mitad (0.5) y una cantidad igual (1) al volumen de precipitación promedio total por año, ubicando por lo tanto a esta zona de vida en la provincia de humedad como húmedo.

La vegetación natural de esta zona de vida, prácticamente ha desaparecido por acción antrópica, a consecuencia de la sobreutilización por el uso agrícola. Entre las especies propias de esta zona de vida, se tiene el “aliso” *Alnus gorulensis*, “romerillo” *Podocarpus* sp., “carapacho” *Weinmannia* sp., el “carricillo” *Chusquea* sp., “zarzamora” *Rubus* sp., así como algunas bromeliáceas.

- **Bosque muy húmedo Montano Tropical (bmh-MT)**

Esta zona de vida natural se encuentra en alturas comprendidas entre 2800 hasta cerca de los 3800 m.s.n.m. Su clima se caracteriza por

presentar un promedio máximo de precipitación total por año de 1722 mm. y un promedio mínimo de 838.4 mm, con una biotemperatura media anual máxima de 10.9 °C y una media anual mínima de 6.5°C. El promedio de evapotranspiración potencial total por año varía entre la cuarta parte (0.25) y la mitad (0.5) del promedio de precipitación total por año, ubicando por lo tanto a esta zona de vida en la provincia de humedad perhumedo.

La vegetación natural de esta zona de vida se compone de plantas particularmente adaptadas, la zona prácticamente ha sido invadida por especies del Bosque húmedo Montano Tropical tales como: el “quinual” *Polylepis racemosa*, “saúco” *Sambucus peruviana*, “aliso” *Alnus jorulensis*, “quishuar” *Buddleia incana*, etc. Las partes altas de esta zona de vida se encuentran dominada por praderas naturales, constituidas principalmente por los géneros *Stipa*, *Calamagrostis*, *Eragrostis*, *Agrostis*, *Muhlenbergia* y *Paspalum* entre otros.

- **Páramo pluvial Subalpino Tropical (pp-SaT)**

Esta zona de vida natural se encuentra en alturas comprendidas entre 3800 hasta cerca de los 4500 m.s.n.m. Comprende una menor extensión en la zona de estudio, sobre todo localizado en los orígenes de los ríos Grande, Quinuario y Azufre a la altura de Yanacocha y minas Conga, también se observa esta zona de vida en los orígenes de los ríos Encañada, Namorino y Chucsen a la altura de Sendamal y Huanico. Su clima se caracteriza por presentar un promedio máximo de precipitación total por año de 1819 mm. y un promedio mínimo de 1754 mm, la biotemperatura media anual varía entre 3 °C y 6°. El promedio de evapotranspiración

potencial total por año varía entre la octava parte (0.125) y la cuarta parte (0.25) del promedio de precipitación total por año, ubicando por lo tanto a esta zona de vida en la provincia de humedad superhúmedo.

El escenario vegetal está conformado por el “carrizo enano” *Chusquea* sp., el “chinchango” *Hypericum laricifolium*, y bosquetes de pequeños árboles de los géneros *Polylepis*, *Gynoxys*, *Escallonia*, *Buddleja* y *Baccharis* y arbustos de los géneros *Brachyotum*, *Ribes*, *Berberis*, *Chuquiragua* y *Vaccinium*.

- **Páramo muy húmedo Subalpino Tropical (pmh-SaT)**

Esta zona de vida natural se encuentra en alturas comprendidas entre 3 800 hasta los 4 200 m.s.n.m. Su clima se caracteriza por presentar un promedio máximo de precipitación total por año de 1 254.8 mm. y un promedio mínimo de 584.2 mm, con una biotemperatura media anual máxima de 6.0°C y una media anual mínima de 3.8°C. El promedio de evapotranspiración potencial total por año varía entre la cuarta parte (0.25) y la mitad (0.5) del promedio de precipitación total por año, ubicando por lo tanto a esta zona de vida en la provincia de humedad perhúmedo.

El escenario vegetal está constituido por una abundante mezcla de gramíneas y otras hierbas de hábitat perenne. Entre las especies dominantes, se tiene la *Festuca heterophyllia*, *Calamagrostis tarmensis*, *Jarava ichu*, *Bromus* sp., *Trifolium repens*, *Muhlebergia ligularis*, *Muhlebergia peruviana*, *Alchemilla pinnata*, *Poa annua*, *Paspalum vomplanianum*, *Bromus lanatus*, etc.

- **Tundra pluvial Alpino Tropical (tp-AT)**

Esta zona de vida natural se encuentra en alturas superiores a los 4 200 m.s.n.m. Su clima se caracteriza por presentar un promedio máximo de precipitación total por año de 1020.2 mm. y un promedio mínimo de 687.9 mm, con una biotemperatura media anual máxima de 3.2°C y una media anual mínima de 2.5°C. El promedio de evapotranspiración potencial total por año varía entre la octava parte (0.125) y la cuarta (0.25) del promedio de precipitación total por año, ubicando por lo tanto a esta zona de vida en la provincia de humedad superhúmedo.

La vegetación en esta zona de vida es muy abundante y florísticamente más diversificada, conteniendo arbustos, semiarbustos y hierbas de tipo graminal, destacan el *Calamagrostis vicunarum*, *Lupinus* sp., *Aciachne pulvinata*, *Poa chameclinos*, *Antachloa lepidula*, *Apium scabrum*, *Leuceria laciniata*, especies de los géneros *Culcitium* y *Senecio*. Una planta característica de esta zona de vida es la *Distichia muscoides* que pertenece a la familia Juncácea (MINAGRI, 1995).

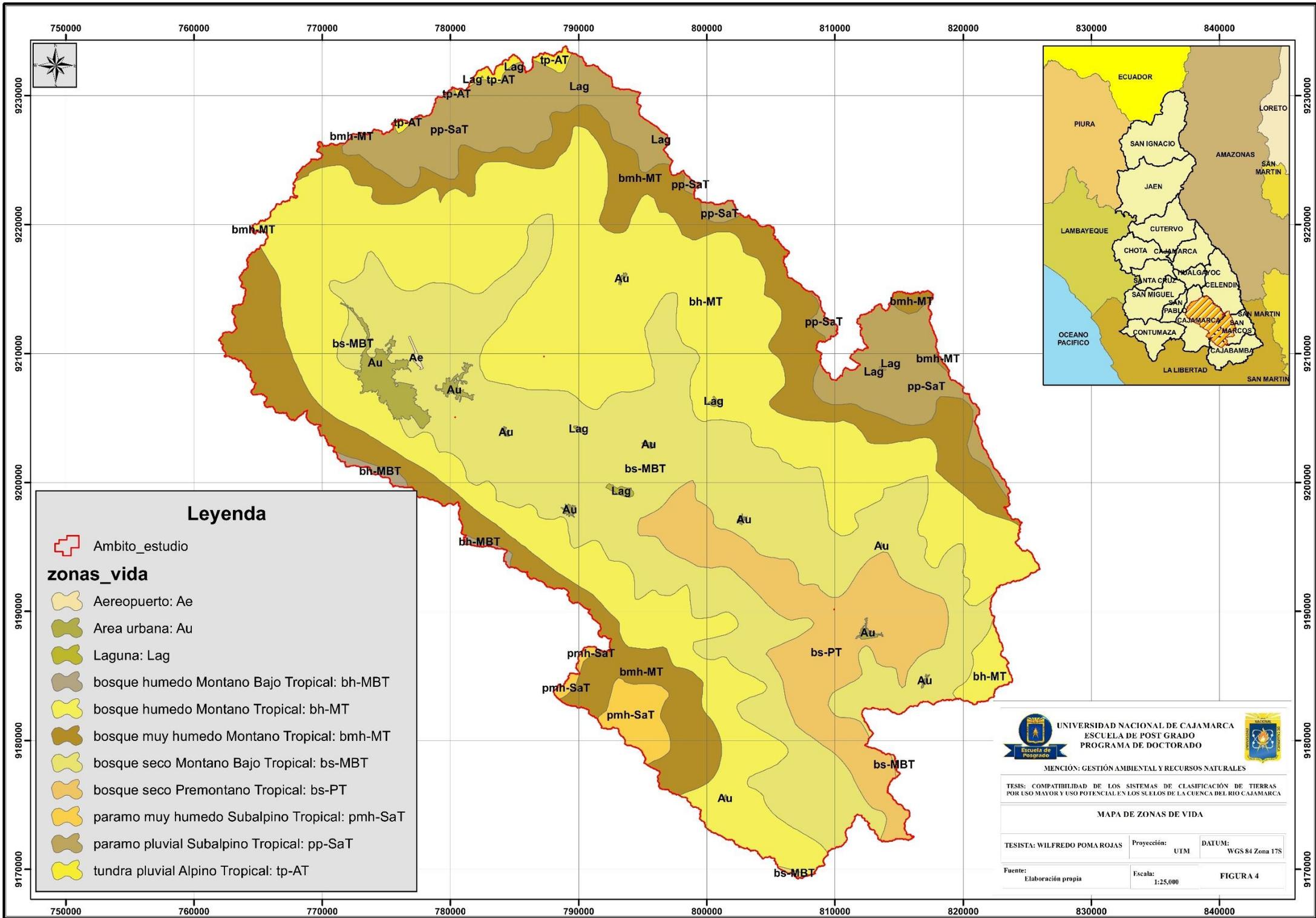


Figura 4. Mapa de zonas de vida de la cuenca del río Cajamarca

### 3.1.7. Pisos altitudinales

De acuerdo al mapa de las ocho regiones naturales del Perú (Sánchez, A. y Sánchez, S., 2010), en la zona de estudio se tiene tres regiones que son:

- **Región Natural Yunga**

Se ubica en altitudes comprendidas entre los 500 y 2 300 m.s.n.m. El clima se caracteriza por la presencia constante del sol, las mañanas suelen ser tibias, el medio día es ardiente, las tardes con vientos y las noches son frescas.

La cobertura vegetal es generalmente xerófila, salvo aquellas plantas que crecen junto a los cauces de agua y mantienen su follaje siempre verde; en esta región natural, predominan las cactáceas como la “pitajaya” *Cereus* sp., “Chuna” *Novoespostoa lanata*, “curis” *Cereus macrostibas*, “tuna” *Opuntia tuna*; también se observa el “huanarpo” *Jatropha macrantha*, “cabuya blanca” *Fourcroya* sp., “cabuya azul” *Agave mexicana*, “molle” *Schinus molle*, etc.

- **Región Natural Quechua**

Se ubica en altitudes comprendidas entre los 2300 y 3500 m.s.n.m. El clima es templado con noches frescas, que de junio a agosto se presentan frías. Las lluvias comienzan en octubre, caen con cierta regularidad hasta diciembre y se intensifican de enero a marzo.

La flora es variada, porque en esta región se han aclimatado las plantas de otras regiones naturales, el árbol representativo es el “aliso” *Alnus jorulensis*, el cultivo más común es el “maíz” *Zea Mays*.

- **Región Natural Suni o Jalca**

Se ubica en altitudes comprendidas entre los 3 500 y 4 000 m.s.n.m. El clima es frío debido a la altitud, existe marcada diferencia entre el sol y la sombra y mucho más entre el día y la noche.

La flora es variada y las especies más representativas son el “quinual” *Polylepis racemosa*, “saúco” *Sambucus peruviana* y el “chocho silvestre” *Lupinus* sp., pero también existe el “chocho cultivado” *Lupinus mutabilis*, la “quinua” *Chenopodium quinoa* y la “cañigua” *Chenopodium palidicaule*. De los cultivos son abundantes las papas, ocas, ollucos y la mashua.

- **Región natural puna**

Se ubica en altitudes comprendidas entre 4000 y 4800 msnm. El clima es frío debido a la altitud, las temperaturas mínimas se producen entre mayo y agosto, existe fuerte oscilación térmica entre el sol y la sombra; y entre el día y la noche.

La flora es muy variada, destacan numerosas gramíneas, entre ellas el “ichu” *Jarava ichu*, “Calamagrostis”, *Calamagrostis tarmensis*, “Paspalum” *Paspalum vomplianum* entre otras y algunas totoras.

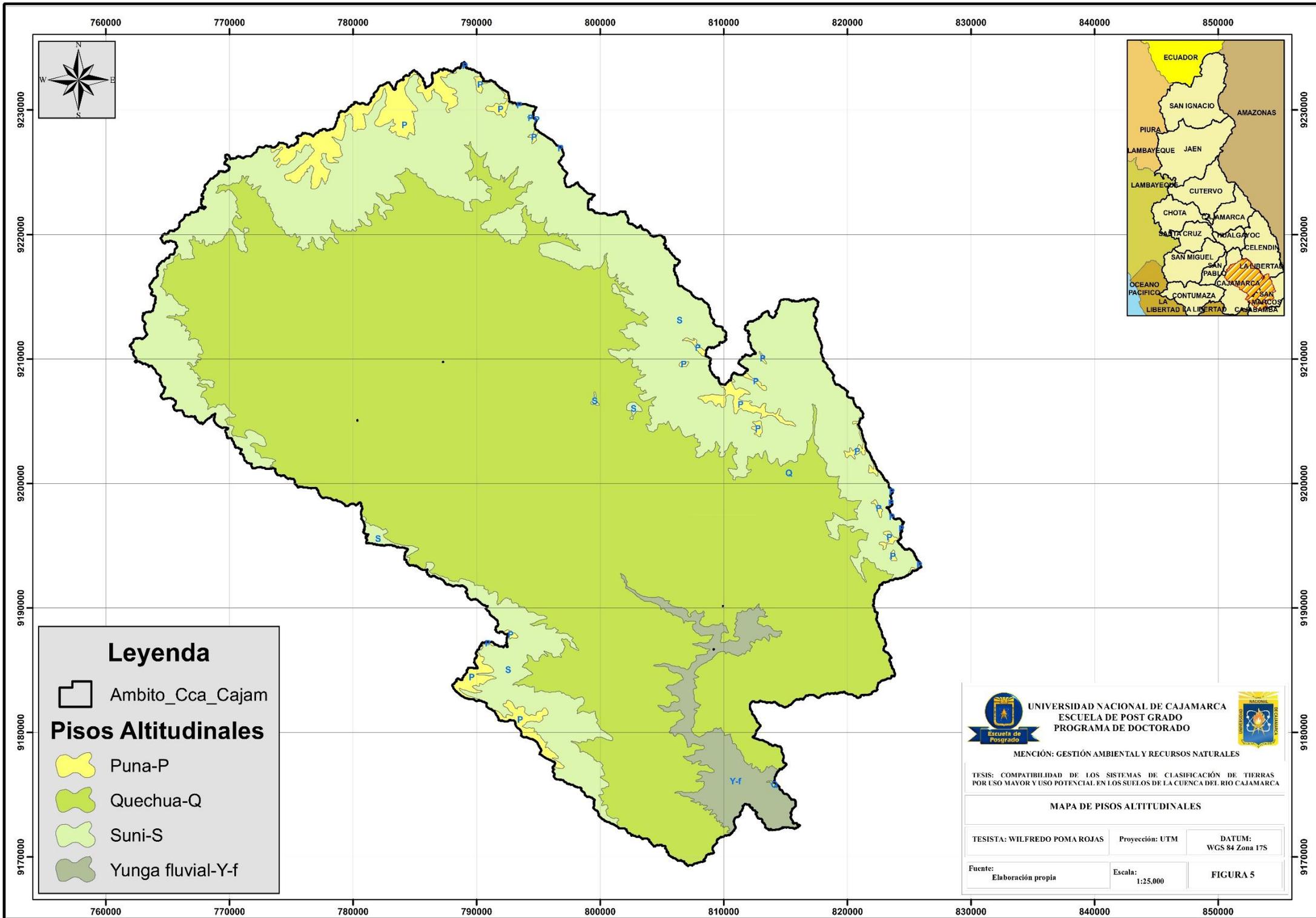


Figura 5. Mapa de pisos altitudinales de la cuenca del río Cajamarca.

### **3.1.8. Vías de comunicación**

La zona de estudio cuenta con una red vial que consiste principalmente de carreteras asfaltadas y afirmadas. Las principales son: Una carretera asfaltada que parte de la ciudad de Cajamarca y se dirige hacia Hualgayoc.

Otra carretera asfaltada, parte de Cajamarca, se continúa por Baños del Inca, La Encañada hacia Celendín.

Otra carretera asfaltada, que parte de Cajamarca, se continúa por Llacanora, Namora, San Marcos, Ichocán, Chancay, La Grama hacia Cajabamba.

Otra carretera asfaltada, que parte de Cajamarca, se continúa por San Juan, Magdalena, Chilete, Tembladera hacia la costa.

Una carretera afirmada, que parte de Cajamarca, se continúa por El Cumbe hacia Chetilla.

A partir de estas vías principales existen numerosas trochas carrozables y caminos de herradura que se comunican con los diferentes caseríos y sectores de la cuenca del río Cajamarquino, lo cual ha permitido realizar la fase de campo del presente estudio (Dirección General de Caminos y Ferrocarriles [DGCF], 2017).

## **3.2. Materiales y equipos**

Para la ejecución del presente estudio se ha utilizado los siguientes materiales:

### **3.2.1. Material cartográfico base**

Consiste en un modelo de elevación digital ASTER DEM, con una resolución espacial de 30 m x 30 m por pixel, hojas de la carta nacional, a escala 1:100 000 levantado por el Instituto Geográfico Nacional; mapa ecológico del Perú a escala 1:1 000 000 editado por la ONERN (1976), mapas topográficos a diferentes escalas, mapa de las ocho regiones naturales del Perú editado por el Instituto

Geográfico Nacional (1989), Atlas del Perú, levantado por el Instituto Geográfico Nacional (1989) y mapa geológico del Perú, a escala 1: 100 000 editado por el INGEMET.

Asimismo, se han utilizado y consultado los estudios de suelos con sus respectivos mapas realizados en los últimos 35 años en la cuenca del río Cajamarca, entre ellos:

- Los suelos de la cuenca del Río Cajamarca, con mapas a escala 1:25 000 (Landa et al., 1978).
- Estudio detallado de suelos de 22 arboretas en Cajamarca, con mapas de suelos a escala 1: 2000 (Pajares et al., 1984).
- Estudio detallado de suelos de 15 arboretas en Cajamarca, con mapas de suelos a escalas diversas: 1:1250, 1:1500, 1:2000, 1:2500, 1:3000 y 1:4000 (Poma et al., 1987).
- Los suelos de la plantación demostrativa de Chilacat, con mapa de suelos a escala 1:5000 (Poma y Vega, 1985).
- Los suelos de la plantación demostrativa de Rumicucho, con mapa de suelos a escala 1:5000 (Poma et al., 1987).
- Estudio de suelos del proyecto Chim Shaullo, con mapa de suelos a escala 1:25000 (Poma y Díaz, 1992).
- Estudio de suelos y uso actual de la tierra de las cuencas Chonta y Mashcón, con mapa de suelos a escala 1:30 000 (Díaz y Poma, 2008).
- Estudio de suelos y uso actual de la tierra del área de influencia de la presa del río Chonta, con mapa de suelos a escala 1:30 000 (Díaz y Poma, 2009).

- Estudio de línea base suelos y uso actual de la tierra del proyecto Tubería de captación de Agua Tres Tingos, con mapa de suelos a escala 1:25 000 (Poma, 2011a).
- Estudio de suelos del Proyecto Piloto de Ecosistemas Andinos PPEA, con mapa de suelos a escala 1:25 000 (Poma, 1989).
- Estudio de suelos, pisos altitudinales, zonas de vida, vegetación, ecosistemas agrícolas y clasificación de tierras por capacidad de uso mayor, con fines de zonificación ecológica, económica y ordenamiento territorial de la subcuenca del río San Lucas, con mapa de suelos a escala 1:30 000 (Poma, 2013b).

### **3.2.2. Equipo de gabinete**

Equipo y material cartográfico y de dibujo, equipo de cómputo implementado con Sistema de Información Geográfica (ArcGIS versión 10.5.1).

### **3.2.3. Equipo y materiales de campo**

Implementado con equipos de ingeniería de suelos como GPS, eclímetro, brújula, peachímetro de campo Hellige Troug, tabla internacional de colores Munsell, winchas, HCl al 20 %, guía descriptiva de perfiles, tarjetas de lectura de perfiles, etiquetas y stikers para la identificación de las muestras de suelos, bolsas plásticas y cooler para el transporte de muestras, libretas de campo, tableros de campo, picota, cuchillo de edafólogo y herramientas para la apertura de chequeos y calicatas y equipo de protección personal para el trabajo de campo.

## **3.3. Metodología**

El presente estudio se realizó en tres fases bien definidas:

### **3.3.1. Primera fase**

- Obtención de todo el material cartográfico necesario para realizar el presente estudio.
- Generación de material cartográfico digital bajo Sistema de Información Geográfica (SIG).
- Determinar la población total de unidades de suelos presentes en la zona de estudio y la cantidad de unidades de suelos pertenecientes a cada clase de capacidad de uso potencial.
- Establecer el tamaño de la muestra en base a la población total de unidades de suelos.
- Dentro de la muestra, se determinó la cantidad de unidades a evaluar en cada clase de capacidad de uso potencial para mantener la proporción existente en la población total.

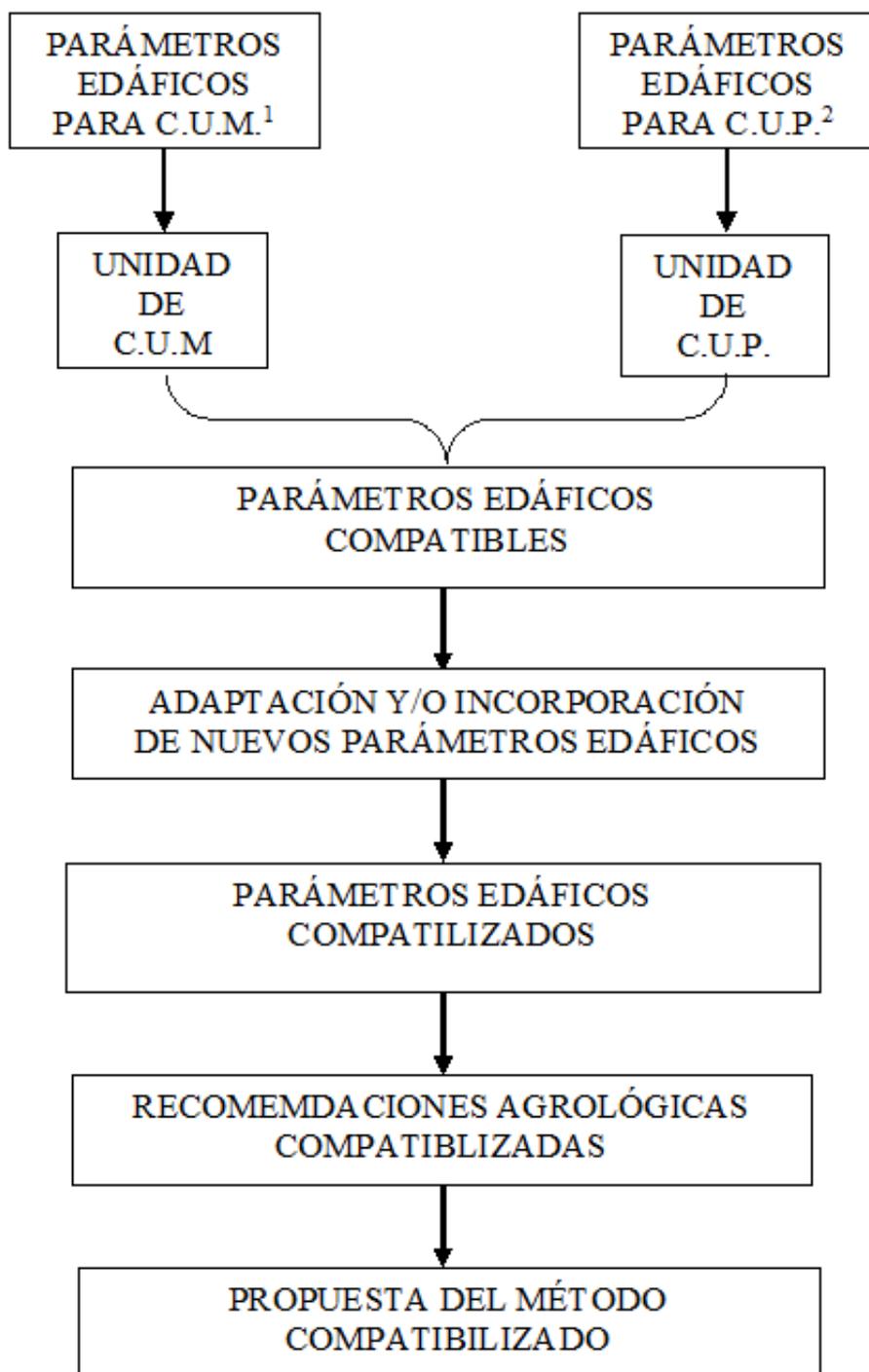
### **3.3.2. Segunda fase**

- Se determinó la participación de las características de los suelos y los parámetros de clasificación de cada característica en la clasificación de los suelos.
- Tomando como base las características de los suelos:
  - ✓ Comunes a ambos sistemas
  - ✓ No comunes a ambos sistemas, y
- Tomando como base los parámetros de clasificación de cada característica de los suelos que son:
  - ✓ Similares en ambos sistemas
  - ✓ No similares en ambos sistemas
- Se estableció una tabla con:

- ✓ Características de los suelos que deben ser tenidos en cuenta su para clasificación.
- ✓ Escala de clasificación de cada una de las características de los suelos que sean compatibles a ambos sistemas de clasificación.

### **3.3.3. Tercera fase**

- Se clasificó cada unidad de suelos seleccionados utilizando las características establecidas para cada uno de los sistemas y la tabla generada en la Segunda Fase del presente estudio.
- Se determinó las recomendaciones de manejo de cada tipo de suelo de acuerdo a lo establecido para cada sistema de clasificación utilizado.
- En base a la compatibilidad de las recomendaciones producto de la clasificación de los suelos, se reajustará la tabla de evaluación de los suelos para que el resultado de la clasificación de los suelos con ambos sistemas conduzca a generar recomendaciones válidas para el Perú y compatibles con las recomendaciones aceptadas internacionalmente.
- Para el caso del parámetro “el nivel de fertilidad de los suelos”, en cada uno de las clases de Capacidad de Uso Potencial y Capacidad de Uso Mayor, se determinó los niveles de materia orgánica, fósforo y potasio disponibles utilizando los métodos de análisis que se utilizan en el Perú.
- Redacción del informe final.



**Figura 6.** Esquema de la metodología.  
**CUM<sup>1</sup>.** Capacidad de uso mayor de tierras.  
**CUP<sup>2</sup>.** Capacidad de uso potencial de suelos.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El presente estudio de compatibilidad de los sistemas de clasificación de tierras por uso mayor y el uso potencial de los suelos de la cuenca del río Cajamarca se realizó de acuerdo a once estudios de suelos ejecutados en la cuenca del río Cajamarca en los últimos treinta y cinco (35) años, los cuales han sido realizados tanto por organismos internacionales como la Cooperación Técnica Belga, la Cooperación Técnica Canadiense, la Nippon Koei del Japón, el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Salzgitter SISA de Alemania y la empresa privada como la compañía minera El Galeno. Los estudios de suelos han sido realizados tanto a nivel detallado y semidetallado, cuyos mapas procesados están a escalas 1:1250, 1:1500, 1:2000, 1:2500, 1:3000, 1:4000, 1:5000, 1:25 000 y 1:30 000. El mapeo de suelos en el campo se ha realizado mediante travesías en las diferentes unidades para los estudios semidetallados; y mediante un cuadrillaje a distancias predeterminadas de acuerdo a la escala de cada mapa para los estudios detallados, como es el caso de los arboretum del Centro de Investigación y Capacitación Forestal CICAFOR; luego se ha tenido lectura de perfiles, toma de muestras y análisis de caracterización en los laboratorios de suelos tanto de la Universidad Nacional Agraria La Molina así como en el laboratorio de análisis de suelos de la Universidad Nacional de Cajamarca; esta información ha sido complementada con chequeos y calicatas adicionales. Todo este trabajo en el campo se ha realizado con el uso de fotografías aéreas de vuelo bajo, cuya información cartográfica ha sido pasada a una imagen satelital WorldView 02, de alta resolución que ha permitido actualizar los mapas de suelos.

#### **4.1. Descripción de las calicatas**

En el presente trabajo se han procesado 211 calicatas, leídas en los diferentes estudios de suelos realizados en la cuenca del río Cajamarca, cuyos detalles se describen en el acápite de material cartográfico base (pág. 75) de la presente tesis, las calicatas son distribuidos de la siguiente manera:

- 32 calicatas del estudio Los Suelos de la Cuenca del río Cajamarca (Landa et al., 1978).
- 13 calicatas del estudio Los Suelos de la Plantación demostrativa de Chilacat (Poma y Vega, 1985).
- 14 calicatas del estudio Los Suelos de la Plantación demostrativa Rumicucho (Poma et al., 1987).
- 9 calicatas del Estudio de Suelos del Proyecto Chim Shaullo (Poma y Díaz, 1992).
- 31 calicatas del Estudio de Suelos y Uso Actual de la Tierra de las cuencas Chonta – Mashcón (Díaz y Poma, 2008).
- 26 calicatas del Estudio de Suelos y Uso Actual de la Tierra del Área de influencia de la Presa del Río chonta (Díaz y Poma, 2009).
- 10 calicatas del estudio detallado de suelos de 22 arboreta en Cajamarca (Pajares et al., 1984).
- 25 calicatas del estudio detallado de suelos de 15 arboreta en Cajamarca (Poma et al., 1987).
- 6 calicatas del Estudio de Línea Base Suelos y Uso Actual de la Tierra del Proyecto tubería de captación de agua Tres Tingos (Poma, 2011a).
- 11 calicatas del Estudio de suelos del Proyecto Piloto de Ecosistemas Andinos (Poma, 1989).

- 34 calicatas del Estudio de Suelos, Pisos altitudinales, Zonas de vida, Vegetación, Ecosistemas agrícolas y Clasificación de tierras por capacidad de uso mayor, con fines de zonificación Ecológica, Económica y Ordenamiento Territorial de la sub cuenca del río San Lucas (Poma, 2013b).

Estas calicatas fueron excavadas a diferentes profundidades, según las condiciones del terreno y características de los suelos. La apertura de las calicatas, así como la determinación de la calicata modal, se realizaron con la evaluación de los diferentes parámetros edáficos para cada horizonte. Así mismo, la fase de campo incluyó el chequeo de los límites tentativos de las unidades de suelos.

La información reportada de cada calicata incluye la ubicación (coordenadas UTM), altitud (en metros), forma del terreno (posición fisiográfica del sitio, forma del terreno circundante y microtopografía), pendiente, vegetación o uso de la tierra, clima, información general acerca del suelo (material parental, drenaje, condiciones de humedad del suelo), presencia de piedras en la superficie o afloramientos rocosos, evidencias de erosión y la influencia humana.

Para la descripción de los horizontes de la calicata modal, se anotaron el símbolo de cada horizonte, la profundidad de la parte superior e inferior de cada horizonte (en centímetros), la reacción o pH, el contenido de carbonatos, la presencia de sales solubles, el color del suelo, la textura, la estructura bajo sus condiciones de tipo, clase y grado, la consistencia en seco, húmedo y mojado, el contenido de fragmentos de rocas y minerales, la presencia de capas endurecidas, los restos de la actividad humana, los rasgos de origen biológico, el desarrollo de raíces, la naturaleza del límite con el horizonte subyacente y cualquier otro factor evidente.

Además de la evaluación del entorno de la calicata y lectura en cada calicata se tomaron muestras de suelos de acuerdo con la estratigrafía encontrada, algunas de las cuales fueron enviadas a los laboratorios correspondientes.

La ubicación de las calicatas se detalla en la Tabla 26.

**Tabla 26.** *Ubicación de calicatas*

Calicatas	Coordenadas UTM		Altitud (msnm)	Ubicación
	Este	Norte		
WP-01	790 287	9 204 125	2 980	Al sur de laguna Sulluscocha
WP-02	795 040	9 203 701	2 845	Cerro al norte de Namora
WP-03	774 462	9 211 960	2 758	Parte alta de Tres Molinos
WP-04	812 752	9 188 345	2 240	San Marcos
WP-05	782 835	9 213 432	2 871	Caserío Chinchín
WP-06	771 936	9 205 477	3 347	Caserío el Cumbe
WP-07	793 331	9 204 625	2 861	Sector Bellavista - Namora
WP-08	811 912	9 189 725	2 280	San Marcos
WP-09	804 932	9 194 351	2 917	Caserío Condormarca - Matara
WP-10	815 675	9 191 300	2 527	Caserío Pomabamba – San Marcos
WP-11	796 282	9 217 450	3 380	Cerro Usnio – La encañada
WP-12	794 637	9 196 137	2 530	Caserío Tabadá - Jesús
WP-13	790 395	9 196 732	2 685	Caserío Chuco parte alta - Jesús
WP-14	783 341	9 201 145	2 657	Bosque de La Colpa
WP-15	781 245	9 202 512	2 632	Caserío La Colpa - Jesús
WP-16	806 875	9 195 102	2 856	Pampa de Condormarca
WP-17	789 037	9 198 750	2 562	Jesús
WP-18	781 495	9 201 262	2 763	Cerro La Colpa, carretera a Jesús
WP-19	806 075	9 200 212	2 806	Sector de Sondor - Matara
WP-20	775 105	9 205 575	2 780	Caserío cruz Blanca - Cajamarca
WP-21	781 112	9 199 141	3 283	Cerro El Gavilán
WP-22	783 545	9 199 420	2 995	Cerro El Gavilán
WP-23	795 160	9 217 903	3 385	Parte alta de La Encañada
WP-24	773 537	9 207 437	2 900	Kilómetro 4 de la carretera a Cumbe Mayo
WP-25	816 635	9 184 995	2 584	Caserío Chancay
WP-26	813 410	9 187 292	2 348	Pampa de Milco – San Marcos
WP-27	791 402	9 209 607	3 163	Pampa de la Culebra
WP-28	785 650	9 208 587	3 012	Caserío Chinchín
WP-29	810 002	9 194 476	2 987	Caserío Huasipampa, carretera a La laguna
WP-30	796 345	9 203 112	2 731	Caserío Chilacat - Namora
WP-31	778 201	9 202 455	2 780	Caserío Pariamarca
WP-32	793 902	9 221 050	3 553	Caserío Palpata – La Encañada

**Tabla 26.** *Ubicación de calicatas*  
Continuación

Calicatas	Coordenadas UTM		Altitud (msnm)	Ubicación
	Este	Norte		
WP-33	787 725	9 204 101	2 894	Caserío El Tambo
WP-34	788 063	9 206 502	3 020	Cerro Nivel – La Laguna
WP-35	789 376	9 206 276	3 004	La laguna de Santa Ursula
WP-36	789 342	9 210 172	3 060	Pampa de la Culebra
WP-37	791 250	9 215 182	3 200	Santa Ursula de Chaquil
WP-38	793 235	9 212 651	3 150	Caserío Chaquil
WP-39	784 812	9 204 926	2 747	Llacanora
WP-40	785 801	9 207 075	2 927	Parte alta de Shaullo Grande
WP-41	784 787	9 206 100	2 751	Shaullo Grande
WP-42	782 853	9 203 762	2 703	Cerro Rumicucho
WP-43	784 025	9 204 232	2 675	Rumicucho frente al río Cajamarca
WP-44	782 683	9 204 687	2 850	Rumicucho
WP-45	782 075	9 204 351	2 790	Cerro Rumicucho
WP-46	782 226	9 203 916	2 700	Plantación de Rumicucho
WP-47	781 827	9 204 726	2 695	Plantación de Rumicucho
WP-48	782 200	9 204 651	2 890	Cerro Rumicucho
WP-49	783 263	9 204 250	2 822	Rumicucho
WP-50	779 313	9 203 907	2 750	Colina Huacaríz
WP-51	782 442	9 199 850	2 977	Cerro Maraipamapa
WP-52	783 667	9 203 776	2 660	Plantación Rumicucho
WP-53	782 196	9 205 227	2 653	Parte superior de La Victoria
WP-54	783 802	9 204 925	2 647	Sector Iscoconga
WP-55	781 645	9 204 277	2 683	Sector Iscoconga
WP-56	798 883	9 203 237	2 896	Caserío Chilacat
WP-57	798 150	9 201 445	2 823	Chilacat parte baja
WP-58	797 376	9 201 742	2 807	Plantación de Chilacat
WP-59	798 337	9 202 971	2 890	Plantación de Chilacat
WP-60	798 215	9 202 676	2 823	Chilacat - Namora
WP-61	797 775	9 202 275	2 780	Plantación de Chilacat
WP-62	798 820	9 201 713	2 782	Plantación de Chilacat
WP-63	802 573	9 200 083	2 748	Plantación de Chilacat
WP-64	789 547	9 202 225	2 823	Chilacat - Namora
WP-65	799 573	9 200 876	2 757	Caucau - Namora
WP-66	798 202	9 203 453	2 913	Chilacat - Namora
WP-67	796 620	9 202 500	2 756	Chilacat - Namora
WP-68	798 597	9 201 137	2 825	Chilacat - Namora
WP-69	771 612	9 214 246	2 862	Huambocancha Alta
WP-70	783 726	9 214 487	2 998	Sector Carahuanga
WP-71	785 405	9 217 274	3 058	Sector Chinchín
WP-72	787 432	9 219 148	2 995	Cerro Sangal
WP-73	781 750	9 212 531	2 782	Caserío Cashapampa
WP-74	780 620	9 212 582	2 925	Sector Miraflores Alto
WP-75	781 108	9 214 575	3 189	Llushcapampa el Granero
WP-76	780 968	9 215 551	3 295	Caserío Los Perolitos
WP-77	779 239	9 215 342	3 133	Caserío Purhuay Bajo

**Tabla 26.** *Ubicación de calicatas*  
Continuación

Calicatas	Coordenadas UTM		Altitud (msnm)	Ubicación
	Este	Norte		
WP-78	779 515	9 219 306	3 408	Cerro Chaquisnisnegas
WP-79	779 402	9 219 748	3 487	Ladera del cerro Paquerrume
WP-80	768 345	9 213 650	3 360	Caserío Chaquicocha
WP-81	767 262	9 211 626	3 600	Caserío Carhuaquero
WP-82	778 896	9 221 475	3 691	Santa Rosa de Yerba Buena
WP-83	770 566	9 210 389	3 210	Cerro Huañunán
WP-84	768 164	9 210 854	3 401	Cerro Cushunga
WP-85	767 348	9 209 784	3 511	Ladera del cerro Tuyoloma
WP-86	766 839	9 209 857	3 578	Caserío Carhuaquero
WP-87	766 292	9 211 675	3 637	Sector Majadapampa
WP-88	787 419	9 223 047	3 523	Caserío Tuyo Corral
WP-89	787 789	9 224 779	3 727	Caserío Tuyo Corral
WP-90	788 490	9 225 984	3 767	Caserío Alto Machay
WP-91	787 470	9 226 478	3 793	Pampa del Quilish
WP-92	788 954	9 228 520	3 719	Caserío La Ramada
WP-93	789 704	9 225 995	3 461	Caserío Luichupucro
WP-94	788 923	9 222 695	3 549	Caserío La Shacsha
WP-95	787 607	9 216 590	2 951	Cerro Licliconga
WP-96	788 876	9 216 206	3 083	Caserío Bajo Otuzco
WP-97	788 342	9 216 540	3 038	Cerro Chuco parte baja
WP-98	788 634	9 216 296	3 084	Sector Río Grande
WP-99	776 724	9 207 269	2 678	Fundo La Argentina
WP-100	786 490	9 214 962	2 818	Margen derecha del puente Luichupucro
WP-101	783 575	9 213 164	2 761	Margen derecha del puente a Carahuanga
WP-102	780 553	9 207 375	2 664	Baños del Inca
WP-103	783 249	9 206 343	2 838	Caserío Shuallo Chico
WP-104	781 881	9 207 339	2 825	Parte alta de Baños del Inca
WP-105	781 935	9 209 112	2 809	Caserío Shultín
WP-106	784 980	9 206 169	2 837	Caserío Shuallo Grande
WP-107	783 880	9 206 187	2 878	Caserío Shuallo Grande
WP-108	782 600	9 205 017	2 632	Caserío Huayrapongo
WP-109	784 518	9 203 620	2 617	Caserío Llacanora
WP-110	788 426	9 201 444	2 816	Caserío San José de Palturo
WP-111	781 652	9 203 253	2 670	Caserío Iscoconga
WP-112	786 250	9 199 888	2 670	Caserío La Huaraclla
WP-113	787 754	9 198 257	2 612	Caserío La Bendiza
WP-114	783 784	9 201 284	2 620	Caserío La Arenita - Yanamango
WP-115	777 556	9 205 313	2 689	Caserío Huacaríz
WP-116	776 382	9 206 979	2 689	Caserío Tres Molinos
WP-117	788 848	9 197 922	2 595	Caserío Llimbe - Jesús
WP-118	788 778	9 199 358	2 580	Caserío La Succha
WP-119	790 797	9 196 781	2 636	Caserío Chuco

**Tabla 26.** *Ubicación de calicatas*  
Continuación

Calicatas	Coordenadas UTM		Altitud (msnm)	Ubicación
	Este	Norte		
WP-120	790203	9 197 809	2 557	Caserío Tabadá
WP-121	791 749	9 196 538	2 632	Caserío Tabadá
WP-122	790 613	9 198 243	2 510	Caserío La Chuquita
WP-123	791 329	9 198 496	2 584	Caserío La Chuquita parte alta
WP-124	777 278	9 206 710	2 678	Sector Ajoscancha
WP-125	781 710	9 211 094	2 727	Caserío Otuzco
WP-126	808 330	9 196 402	2 950	Caserío Río Seco
WP-127	808 562	9 196 352	2 980	Caserío Río Seco
WP-128	808 750	9 196 495	2 995	Parte alta de Cochamarca
WP-129	797 251	9 202 507	2 782	Caserío Yanamango
WP-130	797 155	9 202 212	2 810	Plantación de Chilacat
WP-131	796 692	9 202 251	2 746	Caserío Yamobamba - Namora
WP-132	779 610	9 213 371	3 022	Caserío Huacatáz
WP-133	779 670	9 213 851	3 130	Caserío Huacatáz
WP-134	779 503	9 213 904	3 123	Caserío Rumipampa
WP-135	779 476	9 216 025	3 150	Caserío Huacatáz parte alta
WP-136	779 524	9 216 287	3 165	Caserío Huacatáz
WP-137	779 376	9 216 623	3 190	Caserío Huacatáz
WP-138	779 112	9 216 170	3 175	Caserío Huacatáz
WP-139	779 294	9 216 389	3 185	Caserío Huacatáz
WP-140	780 188	9 215 187	3 110	Caserío Huacatáz
WP-141	780 076	9 214 833	3 120	Caserío Huacatáz
WP-142	780 294	9 214 746	3 172	Caserío Huacatáz
WP-143	780 052	9 214 556	3 115	Caserío Huacatáz
WP-144	780 997	9 213 498	3 109	Caserío Rumipampa
WP-145	781 026	9 214 098	3 099	Caserío Rumipampa
WP-146	781 207	9 213 447	2 990	Caserío Cerrillo
WP-147	780 971	9 213 274	2 985	Caserío Huacatáz
WP-148	780 723	9 213 575	2 985	Caserío Huacatáz
WP-149	780 397	9 215 723	3 150	Caserío Huacatáz
WP-150	780 403	9 216 162	3 170	Caserío Huacatáz
WP-151	795 692	9 216 774	3 300	Caserío Usnio
WP-152	796 887	9 216 124	3 310	Caserío Usnio
WP-153	814 415	9 211 237	3 621	Pampa de Huanico
WP-154	812 246	9 208 618	3 934	Caserío Huanico
WP-155	811 531	9 206 527	4 034	Caserío Huanico
WP-156	779 737	9 221 741	3 675	Caserío La Shacsha
WP-157	779 208	9 222 507	3 723	Parte baja de La Shacsha
WP-158	778 502	9 224 298	3 892	Cerro Paquerrume
WP-159	779 152	9 225 050	3 920	Cerro Paquerrume
WP-160	778 470	9 225 180	3 980	Cerro Paquerrume
WP-161	795 056	9 224 889	3 820	Caserío Chamcas
WP-162	793 556	9 222 444	3 784	Caserío Rodacocha
WP-163	792 667	9 220 055	3 764	Sogorón Alto
WP-164	791 776	9 218 000	3 534	Sogorón Bajo

**Tabla 26.** *Ubicación de calicatas*  
Continuación

Calicatas	Coordenadas UTM		Altitud (msnm)	Ubicación
	Este	Norte		
WP-165	789 444	9 219 389	3 487	Caserío Yanatotora
WP-166	787 666	9 218 056	3 435	Caserío Molino del Arco
WP-167	766 144	9 206 263	3 608	Ladera del cerro Sexsemayo
WP-168	770 451	9 210 616	3 200	Caserío Candopampa
WP-169	767 892	9 210 534	3 430	Caserío Coñorcucho
WP-170	773 274	9 205 296	3 129	Caserío Milpo
WP-171	766 801	9 210 064	3 546	Camino a Carhuaquero
WP-172	768 297	9 209 147	3 422	Caserío de Cushunga
WP-173	766 924	9 208 631	3 557	Cushunga parte alta
WP-174	772 151	9 209 005	2 962	Falda del cerro Huañunán
WP-175	769 343	9 211 690	3 260	Caserío Chamis
WP-176	764 882	9 210 476	3 650	Caserío Majadapampa
WP-177	770 848	9 208 095	3 212	Caserío Ronquillo
WP-178	769 343	9 211 690	3 260	Laguna Chamis
WP-179	768 606	9 211 402	3 303	Sector Cuñorcucho
WP-180	767 892	9 210 534	3 443	Sector Cuñorcucho
WP-181	767 828	9 211 086	3 432	Margen izquierda de quebrada Choromayo
WP-182	770 451	9 210 616	3 237	Sector Candopampa
WP-183	772 151	9 209 005	2 962	Corisorgona parte alta
WP-184	766 801	9 210 064	3 546	Sector Carhuaquero
WP-185	764 882	9 210 476	3 627	Sector Majadapampa parte alta
WP-186	764 124	9 211 614	3 734	Sector Majadapampa
WP-187	763 435	9 211 472	3 698	Parte alta de Majadapampa
WP-188	762 923	9 210 745	3 754	Margen derecha de río Sacchuyoc
WP-189	768 297	9 209 147	3 422	Sector Cushunga
WP-190	768 522	9 208 329	3 451	Ladera de cerro Cushunga
WP-191	766 924	9 208 631	3 557	Parte alta de Cushunga
WP-192	766 221	9 207 243	3 639	Sector Secsemayo Lote 1
WP-193	766 144	9 206 263	3 600	Sector Secsemayo Lote 1
WP-194	769 187	9 210 707	3 225	Caserío Chamis
WP-195	770 737	9 209 254	2 989	Sector Chamis
WP-196	769 911	9 209 979	3 144	Sector Chamis
WP-197	770 848	9 208 095	3 212	Sector Ronquillo parte alta
WP-198	770 952	9 208 651	3 015	Sector Ronquillo
WP-199	771 900	9 208 230	2 849	Sector Ronquillo
WP-200	770 705	9 204 493	3 355	Sector Urubamba 4
WP-201	770 307	9 205 379	3 525	Sector El Cumbe
WP-202	771 337	9 206 387	3 118	Sector Urubamba 3
WP-203	772 072	9 207 144	3 057	Sector Urubamba 2
WP-204	771 663	9 204 145	3 534	Bosque El Cumbe
WP-205	772 374	9 204 310	3 404	Sector Milpo
WP-206	773 274	9 205 296	3 129	Sector Milpo
WP-207	772 230	9 205 217	3 270	Pampa de Milpo
WP-208	771 911	9 205 641	3 179	Parte alta de Layson

**Tabla 26. Ubicación de calicatas**

Continuación

<b>Calicatas</b>	<b>Coordenadas UTM</b>		<b>Altitud (msnm)</b>	<b>Ubicación</b>
	<b>Este</b>	<b>Norte</b>		
WP-209	773 163	9 205 878	3 092	Parte baja de Layson
WP-210	777 402	9 207 333	2 660	Valle de Cajamarca
WP-211	774 938	9 205 602	2 749	Valle de Cajamarca

**Fuente:** Poma, W. Elaboración propia - Datum de Referencia: WGS84

En la cuenca del río Cajamarca se han leído 211 calicatas representativas, las cuales se encuentran georreferenciados y corresponden a todos los grupos de capacidad de uso mayor y clases de capacidad de uso potencial determinadas en el presente estudio ver Figura 7 (mapa de ubicación de calicatas en el estudio de capacidad de uso mayor) y Figura 8 (mapa de ubicación de calicatas en el estudio de capacidad de uso potencial).

En ambos casos podemos ubicar geográficamente las calicatas leídas y debidamente georreferenciadas.

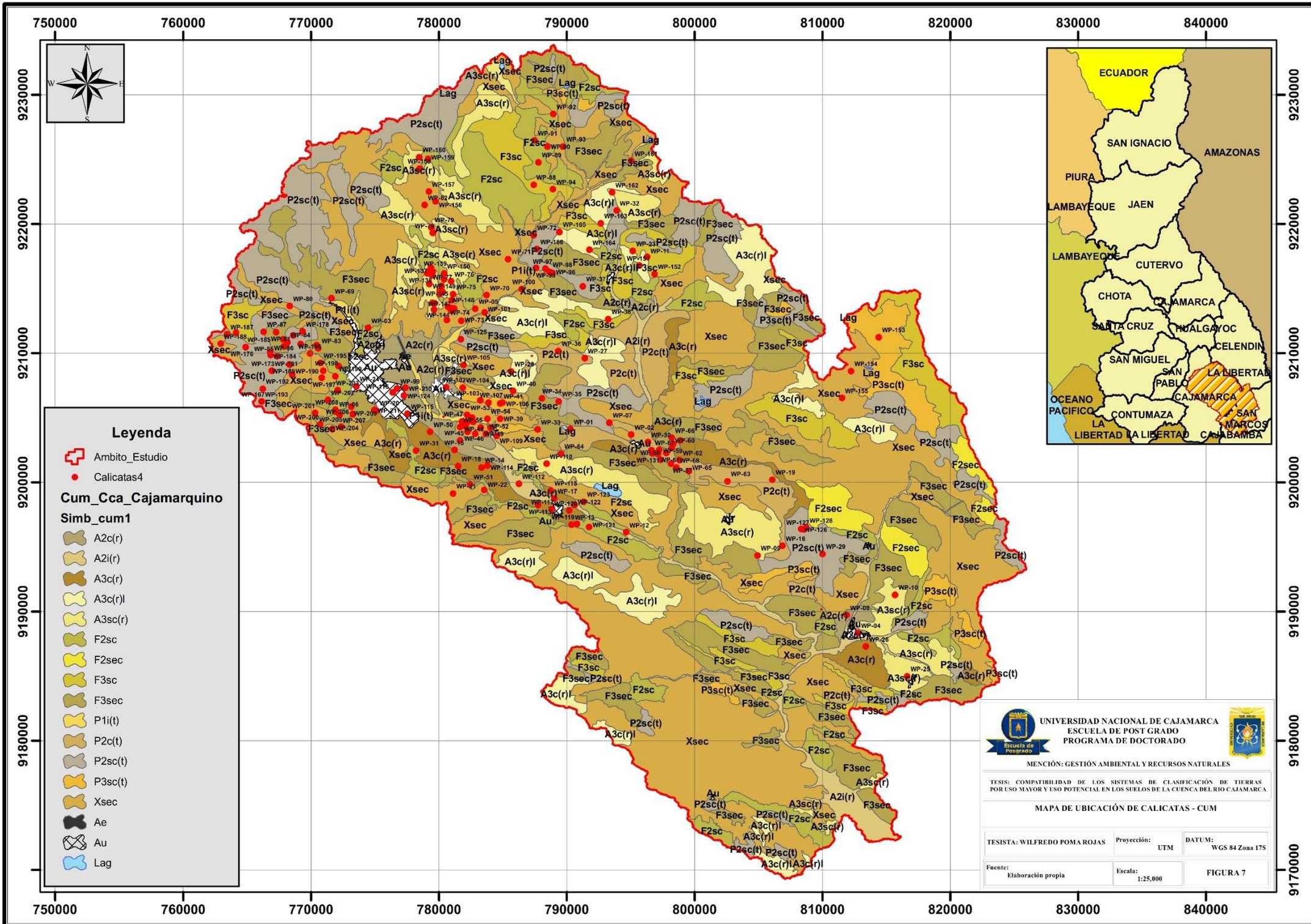


Figura 7. Ubicación de las calicatas en el mapa de Capacidad de Uso Mayor de la cuenca del río Cajamarca.

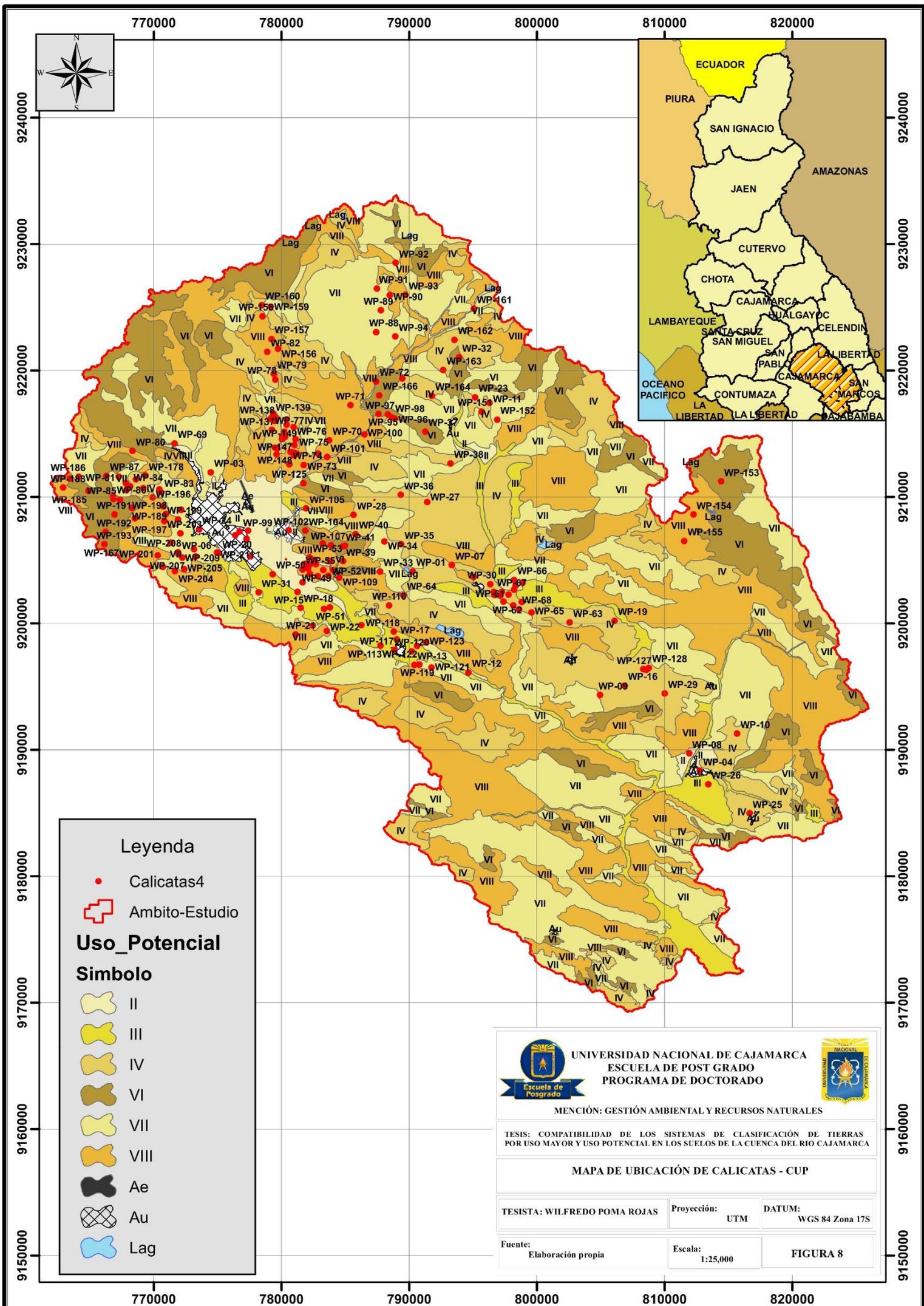


Figura 8. Ubicación de las calicatas en el mapa de Capacidad de Uso Potencial de la cuenca del río Cajamarca.

#### **4.2. Análisis de caracterización de suelos**

Los análisis de caracterización de suelos de las diferentes muestras de cada uno de los proyectos ejecutados en la cuenca del río Cajamarca, fueron realizados algunos en el Laboratorio de Suelos y Plantas de la Universidad Nacional de Cajamarca, y otros análisis fueron realizados en el laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes de la Universidad Nacional Agraria La Molina, cuyos resultados se muestran en la Tabla 27.

**Tabla 27.** Resultados del análisis de caracterización de suelos de la cuenca del río Cajamarca  
Continuación

Calicata	Muestra	Horizonte	Profundidad (cm)	pH (1:1)	C.E. (1:1) dS/m	CaCO <sub>3</sub> %	M.O. %	N %	P ppm	K ppm	CIC mEq/100g	Cationes Cambiables					Suma de Cationes	Suma de Bases	% Sat. de Bases	Análisis Mecánico			Clase Textural
												Ca+2 mEq/100g	Mg+2 mEq/100g	K+ mEq/100g	Na+ mEq/100g	Al+3 + H+ mEq/100g				% A	% L	% Ar	
WP-01	WP-01(1)	A1	00-18	5,6	0,13	0,00	1,93	0,10	1,0	29	7,2	3,60	0,46	0,06	0,06	0,20	4,38	4,18	56,1	51	20	29	FrArA
	WP-01(2)	Bt1	18-34	5,1	0,12	0,00	0,89	0,03	2,0	21	6,0	4,40	0,30	0,11	0,08	0,00	4,89	4,89	81,5	51	16	33	FrArA
	WP-01(3)	Bt2	34-72	5,2	0,10	0,00	0,55	0,02	2,0	19	9,0	2,85	0,21	0,06	0,04	0,00	3,16	3,16	35,1	45	6	49	ArA
	WP-01(4)	Bt3	72-120	5,1	0,08	0,00	0,27	0,01	0,0	38	18,2	5,65	0,17	0,05	0,06	0,00	5,93	5,93	32,6	47	10	43	ArA
WP-02	WP-02(1)	A1	00-09	5,3	0,07	0,05	1,29	0,11	11	164	7,8	3,60	1,14	0,12	0,01	0,30	5,17	4,87	62,4	94	4	2	A
WP-03	WP-03(1)	A1	00-08	6,4	0,07	0,45	1,72	0,11	16	96	7,6	5,00	0,76	0,40	0,01	0,20	6,37	6,17	81,2	63	28	9	FrA
WP-04	WP-04(1)	A1	00-07	8,1	0,10	9,50	5,19	0,17	16	235	8,0	4,30	2,52	1,16	0,01	0,00	7,99	7,99	99,8	55	27	18	FrA
WP-05	WP-05(1)	A1	00-23/35	6,2	0,05	0,45	2,02	0,10	9	191	12,0	5,60	0,48	0,32	0,01	0,20	6,61	6,41	53,40	69	11	20	FrArA
WP-06	WP-06(1)	A1	00-20/24	5,4	0,05	0,45	4,57	0,23	3	119	14,0	4,30	1,28	0,26	0,01	0,50	6,35	5,85	41,90	63	18	19	FrA
WP-07	WP-07(1)	A1	00-21	6,2	0,08	0,25	0,91	0,03	16	186	2,0	1,00	0,40	0,04	0,01	0,20	1,65	1,45	72,5	94	2	4	A
	WP-07(2)	AB	21-69	6,6	0,06	0,35	0,62	0,03	20	131	3,4	2,00	0,32	0,02	0,01	0,10	2,45	2,35	69,1	90	6	4	A
	WP-07(3)	Bt	69-108	6,5	0,05	0,15	0,61	0,02	18	162	2,0	1,50	0,40	0,02	0,01	0,10	2,03	1,93	96,5	90	4	6	A
	WP-07(4)	C	108-140	6,6	0,02	0,20	0,62	0,02	18	162	5,6	2,40	0,24	0,04	0,01	0,10	2,79	2,69	48,0	92	4	4	A
WP-08	WP-08(1)	Ap	00-18	8,0	0,10	3,56	2,32	0,12	11	162	21,2	7,28	0,72	0,28	0,04	0,00	8,32	8,32	100,00	53	17	30	FrArA
WP-09	WP-09(1)	Ap	00-20/22	8,4	0,09	36,27	3,88	0,13	17	74	31,4	30,00	0,24	0,26	0,03	0,00	30,53	30,53	97,2	14	51	35	FrArL
WP-10	WP-10(1)	Ap	00-18	7,9	0,12	3,95	7,93	0,20	21	55	32,0	29,00	1,72	0,46	0,02	0,00	31,20	31,20	97,5	33	33	34	FrAr
	WP-10(2)	Bt1	18-50	7,7	0,05	3,60	2,98	0,16	12	74	32,6	29,00	0,90	0,76	0,02	0,00	30,38	30,38	94,1	26	23	51	Ar
	WP-10(3)	Bt2	50-75	8,2	0,05	4,10	1,84	0,12	15	74	34,8	33,00	0,70	0,56	0,02	0,00	34,28	34,28	98,1	31	32	37	FrAr
	WP-10(4)	Bt3	75-120	8,4	0,02	2,40	1,50	0,11	25	65	38,0	36,00	0,60	0,46	0,03	0,00	37,09	37,09	97,6	15	53	32	FrArL
WP-11	WP-11(1)	Ap	00-19	6,3	0,08	2,25	9,91	0,43	30	35	33,6	19,40	0,90	0,18	0,01	0,40	20,89	20,49	61,0	18	64	18	FrL
	WP-11(2)	Bt1	19-46	6,0	0,07	2,00	6,29	0,29	30	35	30,4	18,40	0,70	0,18	0,01	0,30	19,59	19,29	63,4	12	56	32	FrArL
	WP-11(3)	Bt2	46-120	6,2	0,02	2,45	1,14	0,09	30	45	29,8	19,60	0,70	0,18	0,01	0,30	20,70	20,49	68,8	30	38	32	FrAr

**Tabla 27.** Resultados del análisis de caracterización de suelos de la cuenca del río Cajamarca  
Continuación

Calicata	Muestra	Horizonte	Profundidad (cm)	pH (1:1)	C.E. (1:1) dS/m	CaCO <sub>3</sub> %	M.O. %	N %	P ppm	K ppm	CIC mEq/100g	Cationes Cambiables					Suma de Cationes	Suma de Bases	% Sat. de Bases	Análisis Mecánico			Clase Textural
												Ca+2 mEq/100g	Mg+2 mEq/100g	K+ mEq/100g	Na+ mEq/100g	Al+3 + H+ mEq/100g				% A	% L	% Ar	
WP-12	WP-12(1)	A1	00-25	8,4	0,11	3,50	3,88	0,19	20	182	15,0	13,00	0,60	0,86	0,02	0,00	14,48	14,48	96,5	57	34	9	FrA
	WP-12(2)	Cca	25-120	8,2	0,09	22,50	1,55	0,12	14	235	10,8	9,00	0,78	0,36	0,03	0,00	10,17	10,17	94,2	41	41	18	Fr
WP-13	WP-13(1)	Ap	00-28/30	8,4	0,13	3,35	3,02	0,16	10	82	21,0	19,00	0,60	0,56	0,02	0,00	20,18	20,18	96,1	64	12	24	FrArA
WP-14	WP-14(1)	A1	00-11	5,8	0,07	0,50	1,76	0,11	5	74	8,0	2,12	0,40	0,08	0,01	0,40	3,01	2,61	32,6	80	17	3	AFr
	WP-14(2)	C1	11-36	5,4	0,04	0,35	1,00	0,06	5	55	7,6	1,52	0,24	0,08	0,01	1,20	4,81	3,61	24,3	91	6	3	A
WP-15	WP-15(1)	Ap	00-22	7,5	0,05	0,45	4,57	0,16	28	235	12,0	10,00	1,14	0,26	0,01	0,00	11,41	11,41	95,1	78	17	5	AFr
WP-16	WP-16(1)	Ap	00-20	8,4	0,07	2,75	2,65	0,12	16,0	64	27,8	26,00	0,70	0,56	0,02	0,00	27,28	27,28	98,1	17	45	38	FrArL
	WP-16(2)	Bw1	20-60/65	8,3	0,05	9,10	1,34	0,07	12,0	100	28,6	27,00	0,80	0,48	0,22	0,00	28,50	28,50	99,7	27	21	52	Ar
	WP-16(3)	Bw2	60/65-120	8,3	0,05	9,80	1,05	0,07	8,0	100	25,0	23,00	0,80	0,35	0,22	0,00	24,37	24,37	97,5	19	24	57	Ar
WP-17	WP-17(1)	A1	00-24	8,4	0,09	10,25	2,22	0,11	4,0	82,0	14,4	13,00	0,88	0,23	0,12	0,00	14,23	14,23	98,8	53	23	24	FrArA
	WP-17(2)	AC	24-45/47	8,4	0,10	33,50	2,50	0,11	5,0	76,0	11,8	10,00	0,80	0,18	0,16	0,00	11,14	11,14	94,4	46	35	19	Fr
WP-18	WP-18(1)	A1	00-13	6,1	0,05	0,20	3,09	0,13	2	92	8,4	3,90	0,80	0,12	0,01	0,80	5,63	4,83	57,5	86	6	8	AFr
WP-19	WP-19(1)	A1	00-11	5,6	0,07	0,25	5,98	0,33	5,0	158	10,8	5,80	0,44	0,20	0,06	0,40	6,90	6,50	60,2	82	10	8	AFr
	WP-19(2)	A2	11-33	5,7	0,07	0,15	2,79	0,10	1,0	86	8,2	4,60	0,44	0,09	0,08	0,40	5,61	5,21	63,5	65	24	11	FrA
	WP-19(3)	Bg1	33-64	6,0	0,05	0,15	0,04	0,04	5,0	74	5,4	3,00	0,44	0,05	0,06	0,20	3,75	3,55	65,7	63	28	9	FrA
	WP-19(4)	Bg2	64-110	5,9	0,01	0,15	0,50	0,03	4,0	80	6,0	3,00	0,60	0,07	0,06	0,30	4,03	3,73	62,2	67	20	13	FrA
WP-20	WP-20(1)	A1	00-17	6,9	0,07	0,70	2,26	0,09	11,0	150	7,6	6,00	0,86	0,32	0,02	0,00	7,20	7,20	94,7	83	12	5	AFr
	WP-20(2)	Bts	17-48	6,3	0,05	0,50	1,86	0,06	7,0	106	7,0	4,00	0,62	0,24	0,02	0,10	4,98	4,88	69,7	74	12	14	FrA
	WP-20(3)	Btms	48-65	6,4	0,05	0,55	1,76	0,04	4,0	96	7,2	4,00	0,92	0,24	0,02	0,00	5,18	5,18	71,9	68	26	6	FrA
WP-21	WP-21(1)	A1	00-45/77	5,3	0,08	0,15	5,26	0,13	5	61	14,6	5,40	0,52	0,14	0,02	1,10	7,18	6,08	41,6	56	21	23	FrArA
WP-22	WP-22(1)	A1	00-30/40	5,3	0,05	0,20	5,26	0,13	7	55	10,6	4,10	0,66	0,10	0,02	1,10	5,98	4,88	46,0	58	12	30	FrArA
WP-23	WP-23(1)	A1	00-40	4,4	0,03	0,05	0,47	0,04	23	59	18,8	6,00	0,92	0,14	0,01	6,10	13,17	7,07	38,0	38	18	44	Ar
WP-24	WP-24(1)	A1	00-15	8,3	0,10	14,75	1,51	0,08	6	59	11,6	10,00	1,04	0,20	0,03	0,00	11,27	11,27	97,0	41	41	18	Fr

**Tabla 27.** Resultados del análisis de caracterización de suelos de la cuenca del río Cajamarca  
Continuación

Calicata	Muestra	Horizonte	Profundidad (cm)	pH (1:1)	C.E. (1:1) dS/m	CaCO <sub>3</sub> %	M.O. %	N %	P ppm	K ppm	CIC mEq/100g	Cationes Cambiables					Suma de Cationes	Suma de Bases	% Sat. de Bases	Análisis Mecánico			Clase Textural
												Ca+2 mEq/100g	Mg+2 mEq/100g	K+ mEq/100g	Na+ mEq/100g	Al+3 + H+ mEq/100g				% A	% L	% Ar	
WP-25	WP-25(1)	A1	00-15	7,6	0,06	1,25	3,31	0,12	5,0	188	13,0	10,00	7,74	0,38	0,02	1,22	19,36	18,14	93,0	33	38	29	FrAr
WP-26	WP-26(1)	A1	00-11	8,1	0,12	15,00	1,99	0,13	6,0	188	20,0	18,00	1,22	0,46	0,04	0,00	19,72	19,72	99,0	38	39	23	Fr
	WP-26(2)	AB	11-40	8,3	0,10	14,25	1,71	0,11	6,0	58	18,2	16,50	1,04	0,26	0,03	0,00	17,83	17,83	98,0	44	33	23	Fr
	WP-26(3)	Bca1	40-70	8,4	0,05	15,50	1,32	0,09	3,0	59	16,0	14,50	0,88	0,18	0,03	9,00	24,59	15,59	97,0	19	19	62	Fr
	WP-26(4)	Bca2	70-120	8,2	0,04	15,50	1,63	0,10	3,0	49	19,0	17,50	0,88	0,19	0,03	0,00	18,60	18,60	98,0	34	41	25	Fr
WP-27	WP-27(1)	Ap	00-20	5,8	0,08	0,60	1,16	0,14	10,0	150	16,4	8,00	1,04	0,64	0,01	0,30	9,99	9,69	59,0	41	28	31	FrAr
	WP-27(2)	Bt1	20-55	4,8	0,03	0,35	0,33	0,03	6,0	31	11,8	5,80	0,68	0,12	0,01	2,50	9,11	6,61	56,0	23	35	42	Ar
	WP-27(3)	Bt2	55-120	4,2	0,03	0,35	0,02	0,03	8,0	31	14,0	6,50	0,72	0,12	0,02	3,0	10,36	7,36	53,0	32	30	38	FrAr
WP-28	WP-28(1)	Ap	00-35	7,2	0,03	1,05	1,83	0,06	6,0	61	13,2	11,20	1,22	0,16	0,02	0,00	12,60	12,60	95,0	63	6	31	FrArA
	WP-28(2)	Bt1	35-70	5,8	0,02	0,45	1,10	0,06	3,0	29	14,0	7,00	1,28	0,10	0,02	1,10	9,50	8,40	60,0	36	34	30	FrAr
	WP-28(3)	Bt2	70-160	5,5	0,02	0,30	0,43	0,03	5,0	29	14,0	6,50	1,12	0,10	0,02	1,20	8,94	7,74	55,0	32	32	36	FrAr
WP-29	WP-29(1)	A1	00-20	4,7	0,04	0,25	3,38	0,12	3,0	158	13,0	4,40	1,12	0,30	0,01	1,40	7,23	5,83	45,0	74	11	15	FrA
	WP-29(2)	AB	20-50	4,6	0,04	0,10	2,53	0,07	4,0	61	16,8	6,20	1,18	0,16	0,02	2,00	9,56	7,56	45,0	70	23	7	FrA
	WP-29(3)	Bt	50-85	4,9	0,01	0,30	2,86	0,07	5,0	61	21,2	6,80	1,12	0,16	0,02	2,10	10,20	8,10	38,0	55	26	19	FrA
WP-30	WP-30(1)	A1	00-10	6,2	0,03	0,45	30,0	0,71	28,0	260	34,4	22,00	1,46	0,40	0,02	0,80	24,68	23,88	69,0	49	44	7	FrA
	WP-30(2)	Bg	10-50	7,3	0,04	1,10	0,84	0,04	5,0	35	9,6	7,60	1,12	0,40	0,01	0,00	9,13	9,13	95,0	64	24	12	FrA
WP-31	WP-31(1)	Ap	00-30	8,0	0,07	16,25	3,41	0,13	6,0	74,0	30,4	27,90	1,56	0,86	0,02	0,00	30,34	30,34	99,0	45	40	15	Fr
	WP-31(2)	Btca	30-75	8,4	0,03	34,00	0,81	0,04	3,0	49,0	18,8	16,30	1,56	0,89	0,02	0,00	18,77	18,77	99,0	32	20	48	Ar
WP-32	WP-32(1)	A1	00-40	5,3	0,04	0,06	4,47	0,20	17,0	78	24,4	9,70	1,60	0,26	0,10	1,90	13,56	11,66	47,8	11	59	30	FrArL
	WP-32(2)	Bt1	40-85/90	5,1	0,05	0,04	0,36	0,07	12,0	43	22,8	8,30	1,80	0,26	0,10	4,00	14,46	10,46	45,9	32	13	55	Ar
	WP-32(3)	Bt2	85/90-120	5,0	0,03	0,04	0,19	0,06	8,0	39	19,6	5,50	1,60	0,40	0,10	3,50	11,1	7,6	38,8	28	23	49	Ar
WP-33	WP-33(1)	Ap	00-20	7,2	0,11	0,00	2,53	0,15	19	163	27,60	25,00	1,54	0,32	0,02	0,00	26,88	26,88	97,4	66	19	15	FrA
	WP-33(2)	AB	20-49	7,1	0,09	0,00	1,64	0,10	14	159	24,40	22,00	1,44	0,28	0,01	0,00	23,73	23,73	97,3	54	34	12	FrA

**Tabla 27.** Resultados del análisis de caracterización de suelos de la cuenca del río Cajamarca  
Continuación

Calicata	Muestra	Horizonte	Profundidad (cm)	pH (1:1)	C.E. (1:1) dS/m	CaCO <sub>3</sub> %	M.O. %	N %	P ppm	K ppm	CIC mEq/100g	Cationes Cambiables					Suma de Cationes	Suma de Bases	% Sat. de Bases	Análisis Mecánico			Clase Textural
												Ca+2 mEq/100g	Mg+2 mEq/100g	K+ mEq/100g	Na+ mEq/100g	Al+3 + H+ mEq/100g				% A	% L	% Ar	
	WP-33(3)	Bt1	49-74	7,6	0,09	1,13	1,27	0,07	13	210	24,00	22,00	1,49	0,20	0,01	0,00	23,70	23,70	98,8	38	38	24	Fr
	WP-33(4)	Bt2	74-120	6,6	0,06	0,00	2,28	0,12	11	214	28,80	18,50	1,24	0,38	0,01	0,00	20,13	20,13	69,9	53	35	30	Fr
WP-34	WP-34(1)	A1	00-16/18	5,2	0,07	0,00	2,66	0,12	7,0	69	27,60	11,40	1,15	0,10	0,01	2,00	14,66	12,66	45,9	41	44	15	Fr
WP-35	WP-35(1)	Ap	00-21	5,1	0,03	0,00	4,68	0,19	18,0	65	28,60	11,70	1,00	0,12	0,01	1,90	14,73	12,83	44,9	41	35	24	Fr
	WP-35(2)	Bt1	21-50	5,3	0,04	0,00	2,53	0,10	17,0	64	26,70	12,00	1,12	0,18	0,01	3,10	16,41	13,31	49,8	19	44	37	FrArL
	WP-35(3)	Bt2	50-95	4,7	0,03	0,00	2,15	0,10	17,0	65	28,00	10,00	0,99	0,11	0,01	3,70	14,81	11,11	39,7	14	47	39	FrArL
WP-36	WP-36(1)	Ap	00-21	5,9	0,09	0,00	4,18	0,17	18,0	69	26,0	15,60	1,10	0,15	0,01	0,00	16,86	16,86	64,8	12	60	28	FrArL
	WP-36(2)	Bw1	21-51	5,8	0,07	0,00	3,42	0,18	18,0	78	28,8	15,60	1,10	0,10	0,01	0,40	17,21	16,81	58,4	8	60	32	FrArL
	WP-36(3)	Bw2	51-73	5,7	0,08	0,00	2,53	0,12	18,0	76	28,0	14,10	1,13	0,12	0,01	0,50	15,86	15,36	54,9	9	53	38	FrArL
	WP-36(4)	Bw3	73-120	6,6	0,05	0,00	1,77	0,10	18,0	75	26,0	16,20	1,27	0,12	0,01	0,00	17,60	17,60	67,7	15	46	39	FrArL
WP-37	WP-37(1)	Ap	00-22	7,1	0,09	0,00	6,58	0,36	19,0	79	25,0	23,40	1,42	0,11	0,01	0,00	24,94	24,94	99,8	11	55	34	FrArL
	WP-37(2)	Bw1	22-55	7,2	0,04	0,00	3,54	0,21	18,0	77	27,0	25,30	1,50	0,13	0,01	0,00	26,94	26,94	99,8	15	49	36	FrArL
	WP-37(3)	Bw2	55-120	7,1	0,04	0,00	2,28	0,13	19,0	77	28,0	26,00	1,13	0,11	0,01	0,00	27,25	27,25	97,3	6	56	38	FrArL
WP-38	WP-38(1)	Ap	00-28	8,2	0,07	24,22	3,92	0,24	13,0	77,0	26,0	24,00	1,55	0,12	0,01	0,00	25,68	25,68	99,8	29	60	11	FrL
WP-39	WP-39(1)	Ap	00-21	6,0	0,09	0,00	4,05	0,19	8,0	83,0	27,0	17,50	1,19	0,14	0,01	0,00	18,84	18,84	69,8	29	52	19	FrL
	WP-39(2)	AB	21-55	5,8	0,08	0,00	2,66	0,12	9,0	79	28,0	15,00	1,24	0,13	0,01	0,60	16,98	16,38	58,5	41	50	9	FrL
	WP-39(3)	Bt	55-120	5,5	0,02	0,00	1,52	0,07	6,0	75	28,0	11,44	1,42	0,14	0,01	2,20	15,21	13,01	46,5	19	53	28	FrArL
WP-40	WP-40(1)	A1	00-20/22	5,6	0,08	0,00	2,78	0,14	6,0	75	27,0	12,40	1,23	0,12	0,01	1,90	15,66	13,76	50,0	59	31	10	FrA
WP-41	WP-41(1)	Ap	00-25	5,1	0,08	0,00	2,53	0,13	7,0	93	25,0	8,50	1,19	0,14	0,01	2,30	12,14	9,84	39,4	38	42	20	Fr
	WP-41(2)	AB	25-85	5,6	0,06	0,00	1,52	0,08	11,0	75	22,2	8,70	1,32	0,11	0,01	1,20	11,34	10,14	45,7	54	29	17	FrA
WP-42	WP-42(1)	A1	00-23	4,0	0,12	0,00	1,22	0,10	8,0	230	10,4	1,72	0,60	0,20	0,00	1,20	3,72	2,52	24,2	68	10	22	FrArA
	WP-42(2)	AB	23-33/37	4,8	0,10	0,00	1,09	0,06	8,0	226	13,2	2,14	0,65	0,20	0,00	1,30	4,29	2,99	22,6	56	18	26	FrArA
	WP-42(3)	Bt	33/37-70/74	4,8	0,05	0,00	0,82	0,04	5,0	285	18,0	3,86	2,00	1,12	0,00	3,30	10,28	6,98	38,7	34	23	43	Ar

**Tabla 27.** Resultados del análisis de caracterización de suelos de la cuenca del río Cajamarca  
Continuación

Calicata	Muestra	Horizonte	Profundidad (cm)	pH (1:1)	C.E. (1:1) dS/m	CaCO <sub>3</sub> %	M.O. %	N %	P ppm	K ppm	CIC mEq/100g	Cationes Cambiables					Suma de Cationes	Suma de Bases	% Sat. de Bases	Análisis Mecánico			Clase Textural
												Ca+2 mEq/100g	Mg+2 mEq/100g	K+ mEq/100g	Na+ mEq/100g	Al+3 + H+ mEq/100g				% A	% L	% Ar	
WP-43	WP-43(1)	A1	00-22	4,8	0,05	0,00	1,22	0,08	5,0	155	6,0	1,16	0,15	0,08	0,00	0,80	2,19	1,39	25,2	73	11	16	FrA
WP-44	WP-44 (1)	A1	00-16/19	5,5	0,07	0,00	1,22	0,12	9,0	162	11,2	2,86	0,33	0,12	0,00	0,60	3,91	3,31	29,5	61	30	9	FrA
WP-45	WP-45(1)	A1	00-30/38	5,7	0,08	0,00	0,95	0,04	6,0	137	6,0	1,72	0,18	0,04	0,00	0,20	2,14	1,94	32,2	66	29	5	FrA
WP-46	WP-46(1)	A1	00-15/20	7,6	0,12	22,8	2,31	0,17	7,0	127	22,4	21,70	0,15	0,40	0,80	0,00	23,05	23,05	99,7	65	7	28	FrArA
	WP-46(2)	C	15/20-74	7,8	0,04	35,5	1,09	0,05	9,0	99	14,0	13,65	0,15	0,12	0,06	0,00	13,98	13,98	99,8	59	12	29	FrArA
WP-47	WP-47(1)	A1	00-30	6,5	0,08	0,00	1,22	0,15	8,0	180	15,2	11,40	0,65	0,20	0,01	0,00	12,26	12,26	80,6	52	23	25	FrArA
	WP-47(1)	Bt1	30-63	6,7	0,08	0,00	0,41	0,05	7,0	88	17,6	13,00	0,70	0,16	0,20	0,00	14,06	14,06	79,8	26	51	23	ArL
	WP-47(1)	Bt2	63-120	6,8	0,02	0,00	0,68	0,05	10,0	63	17,6	12,90	0,85	0,20	0,10	0,00	14,05	14,05	79,8	23	31	46	Ar
WP-48	WP-48(1)	A1	00-20/23	4,8	0,05	0,00	6,80	0,33	9,0	285	20,0	6,80	0,60	0,52	0,00	1,80	9,72	7,92	39,6	64	27	9	FrA
WP-49	WP-49(1)	A1	00-18/21	4,8	0,02	0,00	3,13	0,14	7,0	158	8,0	2,24	0,15	0,04	0,00	1,40	3,83	2,43	30,3	80	17	3	AFr
WP-50	WP-50(1)	A1	00-22	4,7	0,07	0,00	2,31	0,11	6,0	144	8,0	2,40	0,15	0,08	0,00	1,40	4,03	2,63	32,8	66	21	13	FrA
WP-51	WP-51(1)	A1	00-20/30	5,4	0,09	0,00	2,04	0,10	8,0	240	5,6	1,72	0,33	0,28	0,00	0,60	2,93	2,33	41,6	62	31	7	FrA
WP-52	WP-52(1)	A1	00-12	6,9	0,10	0,00	1,22	0,08	11,0	303	4,0	3,29	0,25	0,28	0,00	0,00	3,82	3,82	95,5	76	20	4	AFr
	WP-52(3)	Bt	40-62	6,4	0,07	0,00	1,09	0,05	4,0	209	20,8	13,50	2,10	1,00	0,17	0,00	16,77	16,77	80,6	10	16	74	Ar
WP-53	WP-53(1)	A1	00-19	6,2	0,07	0,00	4,49	0,18	9,0	158	14	8,90	0,60	0,40	0,00	0,00	9,90	9,90	70,7	66	25	9	FrA
WP-54	WP-54(1)	A1	00-21	5,5	0,09	0,00	3,13	0,16	5,0	130	19,2	8,66	0,90	0,44	0,03	0,60	10,63	10,03	52,2	19	50	31	FrArL
	WP-54(2)	Bt	21-47/60	5,8	0,02	0,00	0,95	0,06	5,0	99	6,0	2,50	0,90	0,20	0,00	0,40	4,00	3,60	60,0	10	45	45	ArL
WP-55	WP-55(1)	A1	00-26	6,7	0,07	0,00	2,45	0,12	13,0	310	7,2	5,20	0,90	0,36	0,00	0,00	6,46	6,46	89,7	60	12	28	FrArA
	WP-55(2)	A2	26-48	6,5	0,06	0,00	2,31	0,12	9,0	148	12,0	9,50	0,60	0,20	0,00	0,00	10,30	10,30	85,8	56	13	31	FrArA
	WP-55(3)	Bt	48-116	6,6	0,05	0,00	2,04	0,06	11,0	137	11,2	8,70	0,90	0,20	0,00	0,00	9,80	9,80	87,5	42	15	43	Ar
WP-56	WP-56(1)	A1	00-10	5,1	0,05	0,00	1,31	0,02	17,0	127	7,6	0,67	0,53	0,04	0,00	1,70	2,94	1,24	16,0	79	14	7	AFr
WP-57	WP-57(1)	A1	00-2/30	4,6	0,09	0,00	2,36	0,10	12,0	42	5,6	0,10	0,01	0,09	0,00	1,50	1,70	0,20	4,0	76	21	3	AFr
WP-58	WP-58(1)	A1	00-22	4,9	0,07	0,00	4,19	0,15	4,0	136	9,8	0,15	0,11	0,09	0,00	2,50	2,85	0,35	4,0	58	35	7	FrA

**Tabla 27.** Resultados del análisis de caracterización de suelos de la cuenca del río Cajamarca  
Continuación

Calicata	Muestra	Horizonte	Profundidad (cm)	pH (1:1)	C.E. (1:1) dS/m	CaCO <sub>3</sub> %	M.O. %	N %	P ppm	K ppm	CIC mEq/100g	Cationes Cambiables					Suma de Cationes	Suma de Bases	% Sat. de Bases	Análisis Mecánico			Clase Textural
												Ca+2 mEq/100g	Mg+2 mEq/100g	K+ mEq/100g	Na+ mEq/100g	Al+3 + H+ mEq/100g				% A	% L	% Ar	
	WP-58(2)	Bw	22-61	5,0	0,05	0,00	3,02	0,05	18,0	23	10,2	0,12	0,11	0,13	0,00	2,40	2,76	0,36	4,0	53	35	12	FrA
WP-59	WP-59(1)	A1	00-23/31	5,0	0,03	0,00	2,24	0,10	8,0	75	5,6	0,87	0,12	0,09	0,00	2,12	3,20	1,08	6	84	8	8	AFr
WP-60	WP-60(1)	A1	00-11/15	4,6	0,07	0,00	3,21	0,12	8,0	52	6,6	0,76	0,21	0,08	0,00	2,20	3,25	1,05	4,0	83	12	5	AFr
WP-61	WP-61(1)	A1	00-21	5,4	0,12	0,00	1,83	0,06	10,0	42	8,8	0,10	0,01	0,04	0,00	1,20	1,35	0,15	2,0	80	12	8	AFr
	WP-61(2)	C1	21-51	5,4	0,10	0,00	1,45	0,04	11,0	33	4,8	0,11	0,01	0,00	0,00	1,20	1,32	0,12	3,0	78	19	3	AFr
	WP-61(3)	C2	51-120	5,2	0,04	0,00	1,31	0,02	12,0	33	4,6	0,10	0,20	0,00	0,00	1,20	1,50	0,30	7,0	71	14	15	FrA
WP-62	WP-62(1)	A1	00-29	5,1	0,14	0,00	1,57	0,04	9,0	38	5,0	0,11	0,01	0,00	0,00	1,20	1,32	0,12	2,0	81	15	4	AFr
	WP-62(2)	C1	29-63	4,9	0,11	0,00	1,31	0,04	13,0	33	7,4	0,08	0,01	0,00	0,00	1,30	1,39	0,09	1,0	74	23	3	AFr
	WP-62(3)	C2	63-120	5,0	0,09	0,00	1,05	0,02	16,0	28	5,4	0,09	0,01	0,00	0,00	1,00	1,10	0,10	2,0	83	9	8	AFr
WP-63	WP-63(1)	A1	00-22	4,8	0,21	0,00	4,07	0,12	4,0	52	7,8	0,10	0,01	0,04	0,00	2,00	2,15	0,15	2,0	61	33	6	FrA
	WP-63(2)	AB	22-32	4,7	0,13	0,00	2,62	0,10	2,0	33	7,6	0,09	0,01	0,04	0,00	2,20	2,34	0,14	2,0	54	37	9	FrA
	WP-63(3)	Bt	32-54/75	5,0	0,10	0,00	1,31	0,10	2,0	19	10,0	0,07	0,11	0,04	0,00	7,70	7,92	0,22	2,0	28	30	42	Ar
WP-64	WP-64(1)	A1	00-15	5,0	0,08	0,00	3,93	0,12	3,0	23	7,0	0,07	0,00	0,03	0,00	1,50	1,60	0,10	1,0	85	2	13	AFr
WP-65	WP-65(1)	A1	00-30	5,2	0,21	0,00	2,88	0,08	1,0	42	7,6	0,08	0,00	0,04	0,00	1,80	1,92	0,12	2,0	52	31	17	FrA
	WP-65(2)	Bw1	30-62	5,1	0,17	0,00	1,83	0,04	3,0	23	7,4	0,07	0,00	0,03	0,00	1,80	1,90	0,10	1,0	52	29	19	FrA
	WP-65(3)	Bw2	62-80/87	5,4	0,05	0,00	1,83	0,03	3,0	19	6,8	0,06	0,00	0,01	0,00	1,60	1,67	0,07	1,0	55	15	30	FrArA
WP-66	WP-66(1)	A1	00-20	4,8	0,13	0,00	1,57	0,06	3,0	33	6,4	0,04	0,00	0,00	0,00	2,00	2,04	0,04	1,0	63	21	16	FrA
	WP-66(2)	C1	20-70	5,0	0,15	0,00	1,45	0,04	3,0	23	8,2	0,02	0,16	0,00	0,00	1,90	2,08	0,18	2,0	5	25	10	FrA
	WP-66(3)	C2	70-120	5,0	0,07	0,00	1,45	0,03	5,0	23	5,4	0,04	0,00	0,00	0,00	1,80	1,84	0,04	1,0	60	26	14	FrA
WP-67	WP-67(1)	A1	00-15	4,9	0,11	0,00	2,10	0,06	2,0	23	5,0	0,05	0,00	0,00	0,00	1,40	1,45	0,05	1,0	69	18	13	FrA
WP-68	WP-68(1)	A1	00-10/14	4,9	0,13	0,00	3,53	0,11	3,0	33	6,6	0,06	0,00	0,04	0,00	1,40	1,50	0,10	2,0	82	15	3	AFr
WP-69	WP-69(1)	A1	00-18/22	6,93	0,55	0,00	6,74	0,31	19,7	405	23,28	20,24	1,50	0,72	0,01	0,00	22,47	22,47	96,5	70	17	13	FrA
WP-70	WP-70(1)	A1	00-30/38	7,26	0,24	0,05	3,68	0,17	5,36	263	14,36	12,98	0,96	0,40	0,02	0,00	14,36	14,36	99,9	57	35	8	FrA

**Tabla 27.** Resultados del análisis de caracterización de suelos de la cuenca del río Cajamarca  
Continuación

Calicata	Muestra	Horizonte	Profundidad (cm)	pH (1:1)	C.E. (1:1) dS/m	CaCO <sub>3</sub> %	M.O. %	N %	P ppm	K ppm	CIC mEq/100g	Ca+2 mEq/100g	Cationes Cambiables					Suma de Cationes	Suma de Bases	% Sat. de Bases	Análisis Mecánico			Clase Textural
													Mg+2 mEq/100g	K+ mEq/100g	Na+ mEq/100g	Al+3 + H+ mEq/100g	% A				% L	% Ar		
WP-71	WP-71(1)	A1	00-13/17	6,69	0,42	00	9,50	0,44	4,17	418	27,4	20,63	1,53	0,78	0,01	0,00	22,95	22,95	83,7	53	41	6	FrA	
WP-72	WP-72(1)	A1	00-22/25	8,04	0,28	0,35	7,80	0,36	4,18	620	32,0	28,77	2,13	1,08	0,02	0,00	32,00	32,00	99,9	67	8	25	FrArA	
WP-73	WP-73(1)	A1	00-20	8,11	0,31	4,40	3,37	0,16	9,52	450	24,94	22,43	1,66	0,82	0,03	0,00	24,94	24,94	99,9	50	23	27	FrArA	
	WP-73(2)	B1	20-44/48	7,73	0,26	0,18	1,84	0,09	5,95	312	17,68	15,91	1,18	0,57	0,02	0,00	17,68	17,68	99,9	52	29	19	FrA	
WP-74	WP-74(1)	A1	00-25/29	5,5	0,10	0,00	7,9	0,35	5,36	220	24,20	10,92	0,81	0,36	0,01	0,10	12,20	12,10	50	63	26	11	FrA	
WP-75	WP-75(1)	A1	00-12/14	4,84	0,08	0,00	9,56	0,44	5,36	208	30,32	10,30	0,76	0,33	0,01	1,70	13,10	11,40	37,6	70	15	15	FrA	
WP-76	WP-76(1)	A1	00-28	4,54	0,11	0,00	7,05	0,33	2,97	179	29,50	9,01	0,67	0,30	0,01	1,80	11,79	9,99	33,8	61	9	30	FrArA	
	WP-76(2)	Bw	28-50/54	4,58	0,10	0,00	6,44	0,30	3,23	176	28,28	8,74	0,65	0,30	0,01	2,10	11,80	9,70	34,3	58	9	33	FrAfA	
WP-77	WP-77(1)	A1	00-12	6,05	0,95	0,00	11,0	0,49	11,9	401	34,6	19,98	1,48	0,71	0,01	0,00	22,18	22,18	64,1	68	23	9	FrA	
WP-78	WP-78(1)	A1	00-10/12	4,49	0,26	0,00	1,79	0,08	8,93	85	12,0	3,59	0,27	0,14	0,01	2,05	6,06	4,01	33,4	52	42	6	FrA	
WP-79	WP-79(1)	Ah	00-29/32	4,86	0,10	0,00	10,79	0,46	2,20	226	37,28	11,20	0,83	0,38	0,01	0,90	13,32	12,42	37,9	61	31	8	FrA	
WP-80	WP-80(1)	Ah	00-40/42	4,77	0,05	0,00	11,4	0,49	2,78	236	35,40	11,68	0,86	0,41	0,01	3,00	15,96	12,96	36,6	66	19	15	FrA	
WP-81	WP-81(1)	Ah	00-55	4,38	0,06	0,00	9,50	0,40	4,17	164	26,0	7,57	0,56	0,27	0,01	5,15	13,56	8,41	32,3	75	11	14	FrA	
WP-82	WP-82(1)	Ah	00-24/32	4,76	0,08	0,00	11,4	0,49	2,20	215	32,60	10,70	0,79	0,40	0,01	3,20	15,10	11,90	36,5	66	28	6	FrA	
WP-83	WP-83(1)	A1	00-18	4,60	0,06	0,00	5,82	0,27	5,95	118	18,64	5,80	0,43	0,20	0,01	1,65	8,09	6,44	34,5	53	39	8	FrA	
WP-84	WP-84(1)	A1	00-30/34	6,51	0,21	0,00	3,72	0,17	24,6	293	20,04	14,47	1,07	0,50	0,01	0,00	16,05	16,05	80,0	72	18	10	FrA	
WP-85	WP-85(1)	Ah	00-28/30	7,74	0,40	0,55	10,78	0,48	4,17	650	38,36	34,52	2,56	1,26	0,02	0,00	38,36	38,36	99,9	55	18	27	FrArA	
WP-86	WP-86(1)	A1	00-18/27	5,16	0,05	0,00	8,88	0,41	2,0	189	24,06	9,31	0,69	0,31	0,01	1,30	11,62	10,32	42,9	61	22	17	FrA	
WP-87	WP-87(1)	A1	00-47/50	4,75	0,10	0,00	4,90	0,23	8,93	102	15,40	5,02	0,37	0,20	0,01	1,50	7,10	5,60	36,3	74	11	15	FrA	
WP-88	WP-88(1)	A1	00-32	5,86	0,10	0,00	11,87	0,23	2,0	196	18,2	9,72	0,72	0,32	0,01	0,10	10,87	10,77	59,1	57	37	6	FrA	
	WP-88(2)	Bt	32-70/78	4,97	0,06	0,00	11,87	0,50	2,78	300	37,07	13,27	0,98	0,42	0,01	2,90	17,58	14,68	39,6	52	25	23	FrArA	
WP-89	WP-89(1)	Ah	00-24	4,94	0,08	0,00	12,9	0,50	18,8	234	32,80	11,56	0,86	0,40	0,01	2,75	15,58	12,83	39,1	66	20	14	FrA	
WP-90	WP-90(1)	Ah	00-40/42	4,83	0,05	0,00	7,66	0,36	2,20	181	26,52	8,96	0,66	0,30	0,01	5,85	15,78	9,93	37,4	64	24	12	FrA	

**Tabla 27.** Resultados del análisis de caracterización de suelos de la cuenca del río Cajamarca  
Continuación

Calicata	Muestra	Horizonte	Profundidad (cm)	pH (1:1)	C.E. (1:1) dS/m	CaCO3 %	M.O. %	N %	P ppm	K ppm	CIC mEq/100g	Cationes Cambiables					Suma de Cationes	Suma de Bases	% Sat. de Bases	Análisis Mecánico			Clase Textural
												Ca+2 mEq/100g	Mg+2 mEq/100g	K+ mEq/100g	Na+ mEq/100g	Al+3 + H+ mEq/100g				% A	% L	% Ar	
WP-91	WP-91(1)	Ah	00-45/57	5,48	0,14	0,00	8,89	0,40	7,50	250	27,58	12,27	0,91	0,47	0,01	0,20	13,86	13,66	49,5	73	20	7	FrA
WP-92	WP-92(1)	Ah	00-28/34	4,88	0,14	0,00	11,64	0,47	12,5	230	33,08	11,41	0,84	0,37	0,01	3,64	16,27	12,63	38,1	65	28	7	FrA
WP-93	WP-93(1)	A1	00-23/28	7,30	0,29	3,40	6,43	0,31	4,50	650	36,66	33,21	2,44	1,10	0,01	0,00	36,76	36,76	100	55	21	24	FrArA
WP-94	WP-94(1)	A1	00-24	5,40	0,15	0,00	6,12	0,28	7,50	250	29,04	12,50	0,92	0,43	0,01	0,32	14,18	13,86	47,7	53	18	29	FrArA
	WP-94(2)	Bw	24-40/45	5,52	0,07	0,00	4,90	0,23	22	220	23,80	10,79	0,80	0,41	0,01	0,48	12,49	12,01	50,4	56	26	18	FrA
WP-95	WP-95(1)	A1	00-24	8,05	0,24	15,5	6,12	0,28	9,00	450	24,84	22,38	1,66	0,76	0,04	0,00	24,84	24,84	99,8	72	13	15	FrA
WP-96	WP-96(1)	A1	00-42	7,79	0,25	13,2	4,59	0,22	10,0	506	28,78	25,93	1,92	0,92	0,01	0,00	28,78	28,78	100	67	10	23	FrArA
WP-97	WP-97(1)	A1	00-23	8,15	0,29	14,2	5,21	0,24	9,00	503	28,62	25,80	1,91	0,90	0,01	0,00	28,62	28,62	100	54	18	28	FrArA
	WP-97(2)	B1	23-50/53	8,27	0,17	15,1	0,62	0,03	10,0	320	18,04	16,28	1,20	0,54	0,02	0,00	18,04	18,04	99,9	54	16	30	FrArA
WP-98	WP-98(1)	A1	00-13/15	7,87	0,42	5,40	9,50	0,40	10,0	598	34,40	30,99	2,29	1,10	0,02	0,00	34,40	34,40	99,9	48	20	32	FrArA
WP-99	WP-99(1)	A1	00-29	7,63	0,3	2,00	3,68	0,17	12,5	521	29,76	26,76	1,98	1,00	0,02	0,00	29,76	29,76	99,9	57	14	29	FrArA
	WP-99(2)	Bw1	29-52	8,42	0,21	1,00	1,84	0,09	7,00	387	21,80	19,67	1,46	0,71	0,04	0,00	21,88	21,88	99,8	56	16	28	FrArA
	WP-99(3)	Bw2	52-80	8,48	0,20	0,80	1,53	0,07	7,50	390	21,26	19,15	1,42	0,65	0,04	0,00	21,26	21,26	99,8	52	18	30	FrArA
	WP-99(4)	Bw3	80-130	8,24	0,18	0,25	2,45	0,11	7,00	412	23,10	20,85	1,54	0,70	0,01	0,00	23,10	23,10	100	51	20	29	FrArA
WP-100	WP-100(1)	A1	00-35	8,15	0,32	10,4	2,80	0,16	8,70	190	16,24	14,16	1,04	0,69	0,01	0,00	15,9	15,9	97,95	43	37	20	Fr
	WP-100(2)	B1	35-64	8,22	0,19	10,5	1,90	0,11	5,44	183	11,67	10,36	0,71	0,50	0,01	0,00	11,58	11,58	99,28	41	36	23	Fr
WP-101	WP-101(1)	A1	00-26	8,05	0,45	10,9	2,20	0,13	8,15	126	14,66	12,54	0,92	0,61	0,01	0,00	14,08	14,08	97,95	45	33	22	Fr
	WP-101(2)	B1	26-61/72	8,15	0,28	12,1	0,85	0,05	3,42	127	15,00	13,82	1,06	0,68	0,01	0,00	15,57	15,57	96,05	44	32	24	Fr
WP-102	WP-102(1)	A1	00-31	7,77	0,45	3,20	2,91	0,17	5,44	134	16,22	13,08	0,99	0,64	0,01	0,00	14,72	14,72	90,73	53	21	26	FrArA
	WP-102(2)	B1	31-55	7,89	0,49	3,75	2,26	0,13	7,08	129	16,14	13,36	0,99	0,65	0,01	0,00	15,01	15,01	93,01	39	42	19	Fr
WP-103	WP-103(1)	A1	00-22	4,85	0,12	0,00	2,11	0,12	5,44	195	11,50	3,42	0,45	0,18	0,01	6,20	10,26	4,06	35,25	70	18	12	FrA
	WP-103(2)	Bt1	22-62/70	4,83	0,20	0,00	1,91	0,11	3,17	180	15,88	4,28	1,01	0,24	0,00	6,00	11,53	5,53	34,87	58	18	24	FrArA
	WP-103(3)	Bt2	62/70-130	5,10	0,13	0,00	1,19	0,07	3,17	163	20,33	6,48	1,29	0,35	0,01	0,20	8,33	8,13	40,00	53	17	30	FrArA

**Tabla 27.** Resultados del análisis de caracterización de suelos de la cuenca del río Cajamarca  
Continuación

Calicata	Muestra	Horizonte	Profundidad (cm)	pH (1:1)	C.E. (1:1) dS/m	CaCO <sub>3</sub> %	M.O. %	N %	P ppm	K ppm	CIC mEq/100g	Cationes Cambiables					Suma de Cationes	Suma de Bases	% Sat. de Bases	Análisis Mecánico			Clase Textural
												Ca+2 mEq/100g	Mg+2 mEq/100g	K+ mEq/100g	Na+ mEq/100g	Al+3 + H+ mEq/100g				% A	% L	% Ar	
WP-104	WP-104(1)	A1	00-23	5,30	0,23	0,00	3,99	0,23	4,89	190	10,20	3,85	0,42	0,19	0,01	0,12	4,59	4,47	43,8	72	13	15	FrA
	WP-104(2)	B1	23-54	5,60	0,14	0,00	0,91	0,05	5,98	160	23,28	9,64	1,37	0,50	0,01	1,00	12,52	11,52	49,5	55	18	27	FrArA
WP-105	WP-105(1)	A1	00-26	7,78	0,47	11,5	2,92	0,17	5,44	180	16,26	13,10	1,03	0,64	0,01	0,00	14,78	14,78	90,92	38	38	24	Fr
	WP-105(2)	Bt1	26-54	8,03	0,41	12,2	2,49	0,14	3,41	180	25,12	21,22	1,75	1,04	0,01	0,00	24,02	24,02	95,67	29	38	33	FrAr
	WP-105(3)	Bt2	54-73	7,90	0,38	11,1	2,01	0,12	3,26	165	25,03	20,27	2,03	1,01	0,02	0,00	23,33	23,33	93,20	34	33	33	FrAr
WP-106	WP-106(1)	A1	00-23	7,89	0,86	1,50	3,45	0,20	16,8	126	14,77	11,93	1,19	0,60	0,01	0,00	13,73	13,73	93,01	62	24	14	FrA
	WP-106(2)	B1	23-51	6,39	0,19	0,00	1,91	0,11	18,5	167	11,47	6,52	0,38	0,31	0,01	0,00	7,22	7,22	62,99	68	19	13	FrA
	WP-106(3)	B2	51-110	6,42	0,10	0,00	1,08	0,06	8,12	153	8,17	9,23	1,28	0,48	0,01	0,60	11,60	11,00	60,82	59	15	26	FrArA
WP-107	WP-107(1)	A1	00-20	6,35	0,12	0,00	2,52	0,15	2,30	180	11,57	6,40	0,65	0,32	0,01	0,00	7,38	7,38	63,75	73	11	16	FrA
	WP-107(2)	Bt	20-33	5,70	0,14	0,00	2,00	0,12	3,21	165	25,64	10,75	1,85	0,57	0,01	0,00	13,18	13,18	51,40	55	16	29	FrArA
WP-108	WP-108(1)	A1	00-34/38	5,64	0,12	0,00	5,41	0,31	22,5	265	9,42	4,21	0,31	0,21	0,01	0,80	4,74	4,74	50,62	53	39	8	FrA
WP-109	WP-109(1)	A1	00-38/40	6,77	0,12	0,00	3,33	0,19	17,9	190	17,43	10,83	1,12	0,54	0,01	0,00	12,50	12,50	71,73	51	23	26	FrArA
WP-110	WP-110(1)	A1	00-27	7,36	0,14	0,15	1,65	0,10	2,17	180	13,69	10,10	0,75	0,49	0,01	0,00	11,35	11,35	82,94	62	29	9	FrA
WP-111	WP-111(1)	A1	00-22/33	8,20	0,21	11,5	2,83	0,16	12,50	200	15,97	14,10	1,00	0,69	0,01	0,00	15,80	15,80	98,9	58	19	23	FrArA
WP-112	WP-112(1)	A1	00-17	7,60	0,18	0,85	2,78	0,16	9,24	134	8,46	6,67	0,40	0,32	0,01	0,00	7,40	7,40	87,5	71	16	13	FrA
WP-113	WP-113(1)	A1	00-20	7,95	0,53	5,60	2,62	0,15	8,15	170	14,52	12,14	0,92	0,59	0,01	0,00	13,66	13,66	94,15	70	24	6	FrA
	WP-113(2)	Bt	20-50	7,85	0,45	6,15	1,99	0,12	3,75	140	18,91	15,40	1,27	0,76	0,01	0,00	17,44	17,44	92,25	52	25	23	FrArA
WP-114	WP-114(1)	A1	00-10	6,55	0,14	0,00	2,65	0,15	3,26	220	9,96	5,96	0,46	0,29	0,01	0,00	6,72	6,72	67,55	60	31	9	FrA
WP-115	WP-115(1)	A1	00-27	7,95	0,32	2,20	2,95	0,17	6,52	175	20,62	17,29	1,27	0,84	0,02	0,00	19,42	19,42	94,15	60	15	24	FrArA
	WP-115(2)	Bw1	27-83	7,59	0,48	1,10	2,75	0,16	7,07	168	16,00	12,53	0,82	0,61	0,01	0,00	13,97	13,97	87,31	59	12	29	FrArA
WP-116	WP-116(1)	A1	00-32	7,34	0,24	0,75	2,25	0,13	7,0	134	15,95	11,59	1,00	0,57	0,01	0,00	13,17	13,17	82,56	66	10	24	FrArA
	WP-116(2)	Bg	32-65	7,65	0,31	0,71	2,30	0,13	8,15	128	19,67	15,41	1,21	0,75	0,01	0,00	17,38	17,38	88,45	59	8	33	FrArA
WP-117	WP-117(1)	Ap	00-24	8,03	0,43	12,30	0,98	0,06	16,9	100	26,37	22,39	1,72	1,10	0,02	0,00	25,23	25,23	95,67	37	31	32	FrAr

**Tabla 27.** Resultados del análisis de caracterización de suelos de la cuenca del río Cajamarca  
Continuación

Calicata	Muestra	Horizonte	Profundidad (cm)	pH (1:1)	C.E. (1:1) dS/m	CaCO <sub>3</sub> %	M.O. %	N %	P ppm	K ppm	CIC mEq/100g	Cationes Cambiables					Suma de Cationes	Suma de Bases	% Sat. de Bases	Análisis Mecánico			Clase Textural
												Ca+2 mEq/100g	Mg+2 mEq/100g	K+ mEq/100g	Na+ mEq/100g	Al+3 + H+ mEq/100g				% A	% L	% Ar	
WP-118	WP-118(1)	Ap	00-27	7,90	0,35	1,80	1,59	0,09	2,17	120	9,99	8,42	0,48	0,40	0,01	0,00	9,31	9,31	93,2	58	26	16	FrA
WP-119	WP-119(1)	Ap	00-20	8,0	0,33	0,55	2,50	0,15	5,98	128	23,45	19,79	1,52	0,97	0,02	0,00	22,30	22,30	95,10	51	21	28	FrArA
	WP-119(2)	Bt1	20-62	7,80	0,44	4,33	1,85	0,11	3,17	130	26,39	21,11	2,11	1,05	0,02	0,00	24,29	24,29	92,06	48	15	37	ArA
	WP-119(3)	Bt2	62-90	7,98	0,57	0,85	1,17	0,07	1,16	115	25,66	21,66	1,51	1,05	0,02	0,00	24,24	24,24	94,72	61	11	28	FrArA
WP-120	WP-120(1)	A1	00-38	6,75	0,19	0,00	2,61	0,15	3,60	145	17,61	10,92	1,09	0,55	0,01	0,00	12,57	12,57	71,35	66	7	27	FrArA
	WP-120(2)	Bt	38-82	6,90	0,25	0,00	2,00	0,12	2,58	152	23,50	15,40	1,27	0,76	0,01	0,00	17,44	17,44	74,20	61	13	26	FrArA
WP-121	WP-121(1)	Ap	00-22	6,65	0,16	0,00	2,99	0,17	3,23	126	19,20	11,54	1,20	0,58	0,01	0,00	13,33	13,33	69,45	59	15	26	FrArA
	WP-121(2)	B1	22-43	7,31	0,25	0,00	2,21	0,13	3,26	150	25,03	17,90	1,71	0,89	0,02	0,00	20,52	20,52	81,99	55	21	24	FrArA
WP-122	WP-122(1)	A1	00-28	8,05	0,25	9,30	2,82	0,16	3,80	264	14,71	12,58	0,92	0,61	0,01	0,00	14,12	14,12	96,05	44	33	23	Fr
	WP-122(2)	Bt	28-64	7,78	0,92	8,50	1,00	0,06	3,15	202	23,33	20,79	1,51	1,01	0,02	0,00	23,33	23,33	100,0	47	27	26	FrArA
WP-123	WP-123(1)	A1	00-20	7,84	0,34	3,00	4,84	0,28	7,61	260	13,48	11,07	0,79	0,54	0,01	0,00	12,41	12,41	92,06	64	23	13	FrA
	WP-123(2)	B1	20-30/48	7,52	0,13	1,00	1,10	0,06	7,61	180	14,32	10,88	0,89	0,53	0,01	0,00	12,31	12,31	85,98	65	20	15	FrA
WP-124	WP-124(1)	Ap	00-42	7,01	0,97	0,00	3,45	0,20	4,5	180	23,56	15,62	1,56	0,78	0,02	0,00	17,98	17,98	76,29	53	17	30	FrArA
	WP-124(2)	Bw1	42-78	7,36	0,93	1,15	1,50	0,09	3,9	167	30,92	22,65	1,86	1,11	0,02	0,00	25,64	25,64	82,94	32	23	45	Ar
	WP-124(3)	Bw2	78-110	7,80	0,65	1,24	1,10	0,06	3,2	108	16,80	11,52	1,12	0,82	0,01	0,00	13,47	13,47	80,00	8	46	46	ArL
WP-125	WP-125(1)	Ap	00-25/29	7,87	0,39	4,60	2,75	0,16	4,89	187	20,60	16,58	1,66	0,83	0,02	0,00	19,09	19,09	92,63	57	14	29	FrArA
WP-126	WP-126(1)	A1	00-37	4,6	0,08	0,00	3,82	0,15	6,00	156	8,00	0,44	0,07	0,07	0,00	1,30	1,88	0,58	7,30	78	18	4	AFr
	WP-126(2)	AC	37-70	4,6	0,06	0,00	0,96	0,08	10,0	156	4,00	0,44	0,15	0,00	0,00	1,50	2,09	0,59	14,80	78	15	7	AFr
WP-127	WP-127(1)	A1	00-21	5,4	0,08	0,00	2,32	0,12	5,0	199	6,00	2,22	0,33	0,13	0,04	0,30	3,02	2,72	4,3	42	39	19	Fr
	WP-127(2)	Bw	21-33/43	5,2	0,05	0,00	0,81	0,10	3,0	289	4,00	1,78	0,40	0,60	0,00	1,20	3,98	2,78	69,5	40	42	18	Fr
WP-128	WP-128(1)	A1	00-26/32	4,3	0,09	0,00	3,55	0,11	6,0	144	6,00	0,44	0,25	0,07	0,00	2,00	2,76	0,76	12,0	69	19	12	FrA
WP-129	WP-129(1)	A1	00-18/21	4,3	0,03	0,00	1,30	0,07	19	22	6,00	0,00	0,28	0,00	0,00	2,00	2,28	0,28	4,7	89	8	3	A
WP-130	WP-130(1)	A1	00-45	4,2	0,09	0,00	0,85	0,07	29,0	22	4,80	0,00	0,50	0,00	0,00	1,70	2,20	0,50	10,4	84	8	5	A

**Tabla 27.** Resultados del análisis de caracterización de suelos de la cuenca del río Cajamarca  
Continuación

Calicata	Muestra	Horizonte	Profundidad (cm)	pH (1:1)	C.E. (1:1) dS/m	CaCO <sub>3</sub> %	M.O. %	N %	P ppm	K ppm	CIC mEq/100g	Cationes Cambiables					Suma de Cationes	Suma de Bases	% Sat. de Bases	Análisis Mecánico			Clase Textural
												Ca+2 mEq/100g	Mg+2 mEq/100g	K+ mEq/100g	Na+ mEq/100g	Al+3 + H+ mEq/100g				% A	% L	% Ar	
	WP-130(2)	C1	45-79	4,6	0,05	0,00	0,65	0,05	34,0	17	6,00	0,00	0,25	0,00	0,00	1,90	2,15	0,25	4,2	90	6	4	A
	WP-130(3)	C2	79-120	4,8	0,03	0,00	0,65	0,03	37,0	17	4,80	0,00	0,15	0,00	0,00	2,00	2,15	0,15	3,1	89	5	6	A
WP-131	WP-131(1)	A1	00-31	4,4	0,04	0,00	2,47	0,14	7,00	28	8,00	0,57	0,18	0,07	0,00	4,60	5,42	0,82	8,20	72	12	16	FrA
WP-132	WP-132(1)	A1	00-40	4,7	0,10	0,00	3,96	0,12	5,0	102	34,00	0,89	0,18	0,13	0,00	4,50	5,70	1,20	3,5	38	39	23	Fr
	WP-132(2)	Bw	40-58	4,6	0,08	0,00	0,96	0,06	4,0	54	32,00	1,78	0,28	0,29	0,04	3,50	5,89	2,39	6,8	39	42	29	Fr
WP-133	WP-133(1)	A1	00-22	5,8	0,21	0,00	3,41	3,41	6,00	276	32,80	8,00	1,02	0,62	0,04	0,60	10,28	9,68	29,5	62	20	18	FrA
	WP-133(2)	B1	22-52/58	4,7	0,11	0,00	1,91	1,91	15,0	223	30,00	7,00	0,91	0,20	0,08	0,80	8,99	8,19	27,3	39	35	26	Fr
WP-134	WP-134(1)	A1	00-25	4,50	0,10	0,00	3,55	0,17	10,0	211	26,80	3,11	0,84	0,13	0,04	2,00	6,12	4,12	22,60	43	40	17	Fr
WP-135	WP-135(1)	A1	00-26	5,7	0,09	0,00	2,18	0,07	3,00	138	22,8	2,67	0,44	0,07	0,04	0,60	3,82	3,22	14,7	54	28	18	FrA
WP-136	WP-136(1)	A1	00-10/12	4,8	0,08	0,00	1,91	0,12	3,00	132	25,6	3,11	0,36	0,13	0,04	1,00	4,64	3,64	14,2	37	40	23	Fr
	WP-136(2)	AC	10/12-21/32	5,2	0,05	0,00	0,96	0,05	4,00	132	22,0	3,11	0,55	0,07	0,08	0,40	4,21	3,81	17,3	53	32	15	FrA
WP-137	WP-137(1)	A1	00-18/20	5,7	0,08	0,00	2,15	0,08	4,00	148	20,1	3,18	0,46	0,06	0,02	1,10	4,82	3,72	22,6	44	33	23	Fr
	WP-137(2)	AC	18/20-24/31	5,4	0,04	0,00	0,92	0,05	5,00	135	16,8	2,98	0,34	0,07	0,04	1,70	5,13	3,43	17,2	58	35	7	FrA
WP-138	WP-138(1)	A1	00-30	6,0	0,09	0,00	2,32	0,10	6,00	158	21,6	3,22	0,62	0,06	0,04	0,00	3,94	3,94	51,2	58	20	22	FrArA
	WP-138(2)	AC	30-50/55	6,2	0,05	0,00	2,10	0,06	6,40	127	18,4	3,02	0,36	0,06	0,02	0,00	3,46	3,46	53,4	41	38	21	Fr
WP-139	WP-139(1)	A1	00-27/32	4,6	0,04	0,00	3,14	0,15	6,00	150	26,0	3,56	0,73	0,20	0,04	0,80	5,33	4,53	17,4	45	37	18	Fr
	WP-139(2)	B1	27/32-55/60	4,9	0,05	0,00	1,22	0,08	9,00	132	25,2	3,56	0,73	0,13	0,08	0,80	5,30	4,50	17,9	40	39	21	Fr
WP-140	WP-140(1)	A1	00-23	5,2	0,09	0,00	2,32	0,13	11,0	150	24,0	3,56	0,91	0,20	0,04	0,50	5,21	4,71	19,6	45	40	15	Fr
	WP-140(2)	Bw1	23-54	5,2	0,07	0,00	1,22	0,08	10,0	150	26,0	3,11	0,55	0,20	0,04	0,30	4,20	3,90	15,0	43	43	20	Fr
	WP-140(3)	Bw2	54-96	5,3	0,06	0,00	1,22	0,07	10,0	180	22,4	4,00	0,73	0,20	0,04	0,30	5,27	4,97	22,2	38	38	22	Fr
WP-141	WP-141(1)	A1	00-20	5,6	0,04	0,00	1,77	0,10	4,00	162	22,0	2,67	0,73	0,20	0,04	0,30	3,94	3,64	16,5	46	31	23	Fr
	WP-141(2)	BC	20-100	6,1	0,02	0,00	0,68	0,02	5,00	120	22,4	4,00	0,95	0,13	0,08	0,20	5,36	5,16	23,0	43	33	24	Fr

**Tabla 27.** Resultados del análisis de caracterización de suelos de la cuenca del río Cajamarca  
Continuación

Calicata	Muestra	Horizonte	Profundidad (cm)	pH (1:1)	C.E. (1:1) dS/m	CaCO <sub>3</sub> %	M.O. %	N %	P ppm	K ppm	CIC mEq/100g	Cationes Cambiables					Suma de Cationes	Suma de Bases	% Sat. de Bases	Análisis Mecánico			Clase Textural
												Ca+2 mEq/100g	Mg+2 mEq/100g	K+ mEq/100g	Na+ mEq/100g	Al+3 + H+ mEq/100g				% A	% L	% Ar	
WP-142	WP-142(1)	A1	00-31	4,6	0,10	0,00	2,59	0,15	5,00	108	26,0	2,67	0,36	0,20	0,04	1,80	5,07	3,27	12,6	39	39	22	Fr
WP-143	WP-143(1)	A1	00-21	5,2	0,08	0,00	1,88	0,10	4,00	153	23,1	3,12	0,72	0,06	0,02	0,40	4,32	3,92	17,2	36	40	24	Fr
	WP-143(2)	B1	21-42	4,9	0,06	0,00	0,90	0,07	4,00	148	18,4	2,64	0,46	0,07	0,03	0,80	4,00	3,20	16,8	51	23	25	FrArA
WP-144	WP-144(1)	A1	00-21/23	4,9	0,08	0,00	2,12	0,13	6,00	162	23,2	3,02	0,64	0,06	0,02	1,20	4,94	3,74	16,8	39	37	24	Fr
WP-145	WP-145(1)	A1	00-15	4,8	0,09	0,00	2,18	0,14	9,00	223	24,8	3,11	0,58	0,33	0,00	1,70	5,72	4,02	16,2	44	39	17	Fr
WP-146	WP-146(1)	A1	00-17/20	4,9	0,10	0,00	4,23	0,20	4,00	186	20,8	1,33	0,33	0,27	0,00	0,90	2,83	1,93	9,3	69	18	13	FrA
WP-147	WP-147(1)	A1	00-30	5,2	0,08	0,00	2,18	0,13	4,00	217	20,8	1,33	0,36	0,47	0,00	0,70	2,86	2,16	10,4	65	28	7	FrA
	WP-147(2)	Bw1	30-51	5,2	0,04	0,00	1,50	0,08	8,00	126	27,6	3,56	0,65	0,20	0,08	1,00	5,49	4,49	16,3	49	31	20	Fr
WP-148	WP-148(1)	A1	00-18	5,0	0,08	0,00	1,71	0,10	4,00	138	18,4	1,78	0,33	0,07	0,00	0,60	2,78	2,18	11,9	46	30	24	Fr
	WP-148(2)	B1	18-51	5,6	0,03	0,00	1,22	0,06	3,00	108	14,0	4,00	0,69	0,13	0,04	0,30	5,16	4,86	34,7	14	53	33	FrArL
WP-149	WP-149(1)	A1	00-30	4,8	0,09	0,00	2,42	0,14	4,00	142	22,6	3,00	0,34	0,06	0,02	0,80	4,22	3,42	14,6	38	42	20	Fr
	WP-149(2)	Bt1	30-64	5,0	0,08	0,00	1,26	0,10	4,00	158	20,4	2,24	0,42	0,07	0,03	1,00	3,76	2,76	32,6	19	46	35	FrArL
	WP-149(3)	Bt2	64-120	5,0	0,04	0,00	0,85	0,08	6,00	154	18,2	1,76	0,32	0,04	0,02	1,60	3,74	2,14	28,2	14	43	43	ArL
WP-150	WP-150(1)	A1	00-13/23	4,3	0,07	0,00	2,32	0,17	4,00	138	15,2	2,22	0,62	0,27	0,04	1,60	4,75	3,15	20,2	41	38	21	Fr
WP-151	WP-151(1)	A1	00-26	4,7	0,31	0,00	6,28	0,26	12,0	60	34,0	0,44	0,07	0,13	0,00	4,80	5,44	0,64	1,9	26	59	15	FrL
	WP-151(2)	A2	26-50/54	4,4	0,10	0,00	3,96	0,12	17,0	62	24,8	0,44	0,22	0,13	0,00	6,50	7,29	0,79	3,2	37	45	18	Fr
	WP-151(3)	Bt	50/54-120	4,8	0,04	0,00	0,81	0,04	15,0	92	17,6	0,44	0,15	0,27	0,00	10,5	11,36	0,86	4,9	17	52	31	FrArL
WP-152	WP-152(1)	A1	00-20	4,4	0,12	0,00	0,96	0,07	13,0	96	21,6	1,78	0,15	0,13	0,00	6,80	8,86	2,06	9,5	17	51	32	FrArL
	WP-152(2)	Bw1	20-70	4,8	0,08	0,00	1,22	0,05	15,0	108	17,6	1,78	0,36	0,33	0,00	8,30	10,77	2,47	14,0	24	61	15	FrL
	WP-152(3)	Bw2	70-120	4,8	0,04	0,00	1,22	0,06	17,0	138	17,6	2,67	0,29	0,33	0,04	7,10	10,43	3,33	18,9	14	57	29	FrArL
WP-153	WP-153(1)	Ah	00-38	5,3	0,21	0,00	15,02	0,68	34,0	168	66,4	24,32	0,18	0,27	0,00	0,60	25,37	24,77	37,3	56	28	16	FrA
	WP-153(2)	Bh	38-65	5,8	0,10	0,00	7,23	0,25	20,0	84	42,0	26,49	0,15	0,33	0,04	0,00	27,01	27,01	64,3	31	51	18	FrL
WP-154	WP-154(1)	Ah	00-28	4,2	0,14	0,00	8,05	0,20	45,0	186	36,0	4,89	0,25	0,27	0,00	5,30	10,71	5,41	15,0	52	32	16	FrA

**Tabla 27.** Resultados del análisis de caracterización de suelos de la cuenca del río Cajamarca  
Continuación

Calicata	Muestra	Horizonte	Profundidad (cm)	pH (1:1)	C.E. (1:1) dS/m	CaCO <sub>3</sub> %	M.O. %	N %	P ppm	K ppm	CIC mEq/100g	Cationes Cambiables					Suma de Cationes	Suma de Bases	% Sat. de Bases	Análisis Mecánico			Clase Textural
												Ca+2 mEq/100g	Mg+2 mEq/100g	K+ mEq/100g	Na+ mEq/100g	Al+3 + H+ mEq/100g				% A	% L	% Ar	
	WP-154(2)	Bw	28-45/50	4,9	0,09	0,00	8,32	0,33	23,0	78	40,8	11,50	0,15	0,27	0,00	0,80	12,72	11,92	29,2	57	29	14	FrA
WP-155	WP-155(1)	Ah	00-28	4,3	0,08	0,00	10,37	0,44	29,0	78	40,0	4,44	0,40	0,27	0,00	5,00	10,11	5,11	12,8	67	19	14	FrA
	WP-155(2)	Bw	28-44/50	4,4	0,02	0,00	7,51	0,29	29,0	60	38,0	9,50	0,07	0,27	0,00	2,00	11,84	9,84	25,9	41	38	21	Fr
WP-156	WP-156(1)	A1	00-10/20	4,4	0,07	0,00	3,55	0,25	9,0	72	18,8	0,44	0,29	0,20	0,04	6,00	6,97	0,97	5,2	42	37	21	Fr
WP-157	WP-157(1)	A1	00-32/40	4,2	0,09	0,00	5,59	0,31	5,0	156	30,8	0,44	0,15	0,13	0,04	10,20	10,96	0,76	14,8	51	25	24	FrArA
WP-158	WP-158(1)	A1	00-41	4,3	0,04	0,00	6,28	0,20	6,0	240	12,0	0,44	0,15	0,07	0,00	2,60	3,26	0,66	5,5	28	56	16	FrL
WP-159	WP-159(1)	A1	00-05	4,5	0,04	0,0	5,80	0,29	4,0	179	28,20	0,46	0,32	0,12	0,00	3,70	4,60	0,90	5,8	68	17	15	FrA
WP-160	WP-160(1)	A1	00-10	4,3	0,03	0,00	3,14	0,14	5,0	199	4,00	0,44	0,40	0,07	0,00	0,60	1,51	0,91	22,8	63	24	13	FrA
WP-161	WP-161(1)	A1	00-30/32	4,32	0,08	0,00	2,75	0,14	4,57	146,7	18,63	4,38	0,43	0,22	0,00	5,12	10,15	5,03	27,0	30	25	45	Ar
WP-162	WP-162(1)	A1	00-22	4,37	0,12	0,00	5,55	0,27	4,66	160,3	22,83	5,56	0,55	0,28	0,01	4,89	11,29	6,40	28,0	25	29	46	Ar
	WP-162(2)	BC	22-50	4,53	0,06	0,00	4,36	0,21	4,96	161,1	21,04	5,70	0,56	0,28	0,01	4,18	10,73	6,55	31,1	54	20	26	FrArA
WP-163	WP-163(1)	A1	00-28	4,27	0,18	0,00	3,45	0,17	4,49	147,9	19,68	4,46	0,44	0,22	0,00	5,35	10,47	5,12	26,1	39	18	43	Ar
	WP-163(2)	BC	28-68	7,86	0,70	3,71	1,67	0,08	16,2	247,6	17,01	14,17	1,40	0,70	0,01	0,00	16,28	16,2	95,9	63	15	22	FrArA
WP-164	WP-164(1)	A1	00-22/29	7,98	0,60	4,51	2,93	0,14	16,8	268,5	18,90	16,13	1,60	0,80	0,02	0,00	18,55	18,5	98,2	37	15	48	Ar
WP-165	WP-165(1)	A1	00-20	8,05	0,60	4,91	2,03	0,10	17,2	258,9	17,55	15,24	1,51	0,76	0,02	0,00	17,53	17,5	100	50	21	29	FrArA
	WP-165(2)	B1	22-42	8,03	0,20	4,73	0,51	0,03	17,1	237,6	15,27	13,26	1,31	0,66	0,01	0,00	15,24	15,2	100	47	16	37	ArA
WP-166	WP-166(1)	A1	00-20	6,32	0,40	0,00	2,74	0,13	9,8	211,8	18,61	10,66	1,06	0,53	0,01	0,00	12,26	12,2	65,9	42	21	47	Ar
	WP-166(2)	B1	20-40	4,52	0,23	0,00	0,78	0,04	7,0	168,7	15,67	6,60	0,65	0,33	0,01	1,15	8,74	7,59	48,4	29	26	45	Ar
WP-167	WP-167(1)	A1	00-24	5,1	0,10	0,00	3,55	0,17	10,0	127	16,80	3,11	0,84	0,13	0,04	2,0	6,12	4,12	24,5	42	37	21	Fr
WP-168	WP-168(1)	A1	00-10/12	5,4	0,09	0,00	2,18	0,12	8,0	132	15,6	3,11	0,36	0,13	0,04	1,0	4,64	3,64	23,3	49	31	20	Fr
	WP-168(2)	AC	10/12-21/23	5,2	0,07	0,00	0,96	0,05	4,0	121	12,0	3,11	0,55	0,07	0,08	0,4	4,21	3,81	31,75	66	18	16	FrA
WP-169	WP-169(1)	A1	00-24	5,5	0,10	0,00	3,14	0,13	11,0	121	16,0	3,56	0,91	0,20	0,04	0,4	5,11	4,71	31,75	40	41	19	Fr
	WP-169(2)	Bw1	24-55	5,2	0,08	0,00	1,22	0,08	10,0	148	15,0	3,11	0,55	0,20	0,04	0,5	4,4	3,90	29,44	37	43	20	Fr

**Tabla 27.** Resultados del análisis de caracterización de suelos de la cuenca del río Cajamarca  
Continuación

Calicata	Muestra	Horizonte	Profundidad (cm)	pH (1:1)	C.E. (1:1) dS/m	CaCO <sub>3</sub> %	M.O. %	N %	P ppm	K ppm	CIC mEq/100g	Cationes Cambiables					Suma de Cationes	Suma de Bases	% Sat. de Bases	Análisis Mecánico			Clase Textural
												Ca+2 mEq/100g	Mg+2 mEq/100g	K+ mEq/100g	Na+ mEq/100g	Al+3 + H+ mEq/100g				% A	% L	% Ar	
	WP-169(3)	Bw2	55-80	5,3	0,09	0,00	4,67	0,07	10,0	108	12,4	4,00	0,73	0,20	0,04	0,3	5,27	4,97	25,66	41	38	21	Fr
WP-170	WP-170(1)	A1	00-18/20	5,4	0,12	0,00	3,55	0,25	9,0	72	18,8	0,44	0,29	0,20	0,04	6,0	1,57	0,97	5,16	43	36	21	Fr
WP-171	WP-171(1)	A1	00-28/37	5,0	0,13	0,00	5,59	0,31	5,0	156	20,8	0,44	0,15	0,13	0,04	10,2	10,96	0,76	3,65	45	33	22	Fr
WP-172	WP-172(1)	A1	00-22	4,3	0,09	0,00	6,28	0,20	6,0	240	12,0	0,44	0,15	0,07	0,00	2,6	3,26	0,66	5,50	32	51	17	FrL
WP-173	WP-173(1)	A1	00-23	4,8	0,10	0,00	3,14	0,14	5,0	199	14,0	0,44	0,40	0,07	0,00	0,6	1,51	0,91	6,50	38	39	23	Fr
WP-174	WP-174(1)	A1	00-16	5,0	0,13	0,00	2,18	0,10	12,0	138	18,4	1,78	0,33	0,07	0,00	0,6	2,78	2,18	11,85	38	42	20	Fr
	WP-174(2)	Bt	16-51/54	5,6	0,08	0,00	1,22	0,06	3,0	108	14,0	4,00	0,69	0,13	0,04	0,3	5,16	4,86	34,71	17	48	35	FrArL
WP-175	WP-175(1)	Ap	00-26	4,7	0,12	0,00	6,28	0,26	12,0	60	34,0	0,44	0,07	0,13	0,00	4,8	5,44	0,64	1,88	23	64	13	FrL
	WP-175(2)	Bw1	26-50	4,4	0,08	0,00	3,96	0,12	17,0	62	24,8	0,44	0,22	0,13	0,00	6,5	7,29	0,79	3,19	38	39	32	Fr
	WP-175(3)	Bw2	50-80	4,8	0,05	0,00	0,81	0,04	15,0	96	17,6	0,44	0,15	0,27	0,00	10,5	11,36	0,86	4,89	14	54	32	FrArL
WP-176	WP-176(1)	A1	00-28	4,8	0,10	0,00	10,3	0,44	9,0	78	20,0	4,44	0,40	0,27	0,00	5,0	10,11	5,11	25,55	20	63	17	FrL
	WP-176(2)	Bw	28-45	4,8	0,11	0,00	7,51	0,29	6,0	60	38,0	9,5	0,07	0,27	0,00	2,0	11,84	9,84	25,89	42	39	19	Fr
WP-177	WP-177(1)	A1	00-15/18	8,0	0,07	7,85	2,86	0,15	7,0	210	24,0	19,5	0,15	0,27	0,05	0,00	19,97	19,97	100,0	42	36	22	Fr
WP-178	WP-178(1)	A1	00-37	5,07	0,61	0,00	3,05	0,14	9,28	140	17,08	6,18	0,62	0,31	0,01	2,11	9,23	7,12	41,66	59	20	21	FrArA
	WP-178(2)	Bw	37-62	5,54	0,08	0,00	2,50	0,12	8,28	149	16,05	7,08	0,71	0,35	0,01	0,81	8,96	8,15	50,80	61	18	21	FrArA
WP-179	WP-179(1)	A1	00-18/21	5,35	0,07	0,00	1,53	0,07	7,66	135	14,00	5,73	0,57	0,28	0,01	1,28	7,89	6,59	47,10	71	7	22	FrArA
WP-180	WP-180(1)	A1	00-37/40	6,92	0,05	0,00	3,13	0,15	15,0	202	18,00	12,14	1,21	0,60	0,01	0,00	13,96	13,96	77,62	59	18	23	FrArA
WP-181	WP-181(1)	A1	00-15/18	7,70	0,60	4,22	4,50	0,21	18,5	132	18,65	15,03	1,50	0,75	0,02	0,00	17,30	17,30	92,79	65	14	21	FrArA
WP-182	WP-182(1)	A1	00-14/16	5,05	0,25	0,00	2,13	0,10	8,07	124	13,10	4,70	0,47	0,23	0,00	2,17	7,57	5,40	41,27	69	14	17	FrA
WP-183	WP-183(1)	A1	00-30	5,63	0,21	0,00	1,99	0,09	9,42	161	18,09	8,26	0,83	0,41	0,01	0,60	10,11	9,51	52,55	57	17	27	FrArA
	WP-183(2)	Bt1	30-60/68	5,24	0,10	0,00	1,57	0,07	7,61	148	17,86	6,98	0,70	0,70	0,35	0,01	8,74	8,73	44,97	53	20	27	FrArA
	WP-183(3)	Bt2	60/68-90	5,35	0,07	0,00	0,98	0,05	7,70	156	19,17	7,85	0,78	0,39	0,01	1,28	10,31	9,03	47,10	47	22	31	FrArA
WP-184	WP-184(1)	A1	00-28/32	5,18	0,07	0,00	4,18	0,20	7,25	147	17,77	6,76	0,68	0,34	0,01	1,77	9,56	7,79	43,80	69	10	21	FrArA

**Tabla 27.** Resultados del análisis de caracterización de suelos de la cuenca del río Cajamarca  
Continuación

Calicata	Muestra	Horizonte	Profundidad (cm)	pH (1:1)	C.E. (1:1) dS/m	CaCO <sub>3</sub> %	M.O. %	N %	P ppm	K ppm	CIC mEq/100g	Ca+2 mEq/100g	Cationes Cambiables					Suma de Cationes	Suma de Bases	% Sat. de Bases	Análisis Mecánico			Clase Textural
													Mg+2 mEq/100g	K+ mEq/100g	Na+ mEq/100g	Al+3 + H+ mEq/100g	% A				% L	% Ar		
WP-185	WP-185(1)	A1	00-30	4,97	0,05	0,00	2,07	0,10	6,50	128	14,81	5,11	0,51	0,25	0,01	4,97	10,85	5,88	39,72	51	32	17	Fr	
WP-186	WP-186(1)	A1	00-22	5,27	0,20	0,00	4,17	0,20	8,37	147	17,16	6,79	0,68	0,34	0,01	1,50	9,32	7,82	45,55	59	24	17	FrA	
WP-187	WP-187(1)	A1	00-20/24	5,37	0,29	0,00	4,17	0,20	9,07	142	15,36	6,34	0,63	0,31	0,01	1,23	8,52	7,29	47,49	77	6	17	FrA	
WP-188	WP-188(1)	A1	00-28/30	4,96	0,08	0,00	4,43	0,21	6,82	147	19,75	6,78	0,68	0,34	0,01	2,48	10,29	7,81	39,52	53	26	21	FrArA	
WP-189	WP-189(1)	A1	00-33	5,30	0,65	0,00	4,16	0,20	9,87	146	16,64	6,67	0,67	0,33	0,01	1,42	9,10	7,68	46,13	61	23	16	FrA	
	WP-189(2)	Bw	33-42	5,25	0,21	0,00	3,11	0,15	8,37	157	19,87	7,79	0,78	0,30	0,01	1,56	10,44	8,88	45,16	48	27	25	FrArA	
WP-190	WP-190(1)	A1	00-18/20	8,07	0,21	6,44	2,08	0,10	19,1	229	17,02	14,79	1,48	0,73	0,01	0,00	17,01	17,01	100,00	53	24	23	FrArA	
WP-191	WP-191(1)	A1	00-25/28	5,83	0,09	0,00	3,55	0,17	9,19	170	18,43	9,03	0,90	0,45	0,01	0,21	10,60	10,39	56,44	61	16	23	FrArA	
WP-192	WP-192(1)	A1	00-28/30	6,32	0,43	0,00	5,55	0,26	12,4	201	20,83	11,93	1,19	0,59	0,01	0,00	13,72	13,72	65,96	59	20	21	FrArA	
	WP-192(2)	Bw	28/30-48/50	6,76	0,29	0,00	4,18	0,20	13,6	215	20,57	13,32	1,33	0,66	0,01	0,00	15,32	15,32	74,51	53	21	26	FrArA	
WP-193	WP-193(1)	A1	00-30/32	5,62	0,22	0,00	2,51	0,12	9,43	151	16,07	7,31	0,73	0,36	0,01	0,63	9,04	8,41	52,35	57	23	20	FrArA	
WP-194	WP-194(1)	A1	00-20/24	4,50	0,68	0,00	1,50	0,07	8,10	117	15,35	4,08	0,41	0,20	0,00	4,26	8,95	4,69	30,58	57	21	22	FrArA	
	WP-194(2)	Bw	20/24-75	5,13	0,07	0,00	1,07	0,05	7,07	142	17,31	6,44	0,64	0,32	0,01	1,92	9,33	7,41	42,83	51	22	27	FrArA	
WP-195	WP-195(1)	A1	00-12/17	8,21	0,51	7,29	1,55	0,07	20,8	223	16,43	14,27	1,43	0,71	0,01	0,00	16,42	16,42	100,00	59	16	25	FrArA	
WP-196	WP-196(1)	A1	00-12/15	7,98	0,63	5,84	1,08	0,05	19,9	230	17,52	14,95	1,50	0,74	0,01	0,00	17,20	17,20	98,23	57	14	29	FrArA	
WP-197	WP-197(1)	A1	00-10/12	8,20	0,70	7,21	1,01	0,05	21,2	223	16,42	14,26	1,43	0,71	0,01	0,00	16,41	16,41	100,00	51	24	25	FrArA	
WP-198	WP-198(1)	A1	00-20/23	8,02	0,78	6,20	4,16	0,20	20,4	264	20,84	18,11	1,81	0,90	0,02	0,00	20,84	20,84	100,00	54	21	25	FrArA	
	WP-198(2)	B1	20/23-45/50	8,31	0,28	7,97	3,01	0,14	20,6	249	19,22	16,69	1,67	0,83	0,02	0,00	19,21	19,21	100,00	57	17	26	FrArA	
WP-199	WP-199(1)	A1	00-08/10	8,27	0,23	7,78	4,49	0,21	20,2	264	20,84	18,10	1,81	0,90	0,02	0,00	20,83	20,83	100,00	63	11	26	FrArA	
WP-200	WP-200(1)	A1	00-40	5,60	0,20	0,00	2,20	0,10	9,28	147	15,20	6,86	0,69	0,34	0,01	0,67	8,57	7,90	51,96	57	24	19	FrA	
	WP-200(2)	B1	40-61	5,75	0,11	0,00	1,52	0,07	9,17	149	14,98	7,14	0,71	0,35	0,01	0,36	8,57	8,21	54,88	57	22	21	FrArA	
WP-201	WP-201(1)	A1	00-18/20	4,96	0,11	0,00	4,16	0,20	7,02	140	17,74	6,09	0,61	0,30	0,01	2,48	9,49	7,01	39,52	69	10	21	FrArA	
WP-202	WP-202(1)	A1	00-30/32	5,27	0,58	0,00	2,11	0,10	9,64	130	13,27	5,25	0,52	0,26	0,01	1,50	7,54	6,04	45,55	67	16	17	FrA	

**Tabla 27.** Resultados del análisis de caracterización de suelos de la cuenca del río Cajamarca  
Continuación

Calicata	Muestra	Horizonte	Profundidad (cm)	pH (1:1)	C.E. (1:1) dS/m	CaCO <sub>3</sub> %	M.O. %	N %	P ppm	K ppm	CIC mEq/100g	Cationes Cambiables					Suma de Cationes	Suma de Bases	% Sat. de Bases	Análisis Mecánico			Clase Textural
												Ca+2 mEq/100g	Mg+2 mEq/100g	K+ mEq/100g	Na+ mEq/100g	Al+3 + H+ mEq/100g				% A	% L	% Ar	
	WP-202(2)	B1	30/32-68	5,08	0,06	0,00	1,49	0,07	6,92	127	13,74	4,99	0,50	0,25	0,00	2,08	7,82	5,74	41,86	61	20	19	FrA
	WP-202(3)	B2	68-90	5,03	0,05	0,00	2,05	0,10	6,71	139	17,38	6,17	0,62	0,31	0,01	2,24	9,35	7,11	40,88	57	18	25	FrArA
WP-203	WP-203(1)	A1	00-15	8,50	0,50	9,16	3,21	0,15	22,3	228	16,92	14,70	1,47	0,73	2,54	0,00	19,44	19,44	100,00	63	16	21	FrArA
WP-204	WP-204(1)	A1	00-26/29	4,37	0,20	0,00	4,42	0,21	6,40	119	16,83	4,10	0,41	0,20	0,00	4,84	9,55	4,71	28,05	74	7	19	FrA
WP-205	WP-205(1)	A1	00-20	5,09	0,05	0,00	13,3	0,64	6,84	197	30,56	11,16	1,12	0,55	0,01	2,05	14,89	12,84	42,05	71	10	19	FrA
WP-206	WP-206 (1)	A1	00-15/18	4,73	0,13	0,00	2,06	0,10	6,69	124	15,39	4,69	0,47	0,23	0,00	3,32	8,71	5,39	35,05	61	18	21	FrArA
WP-207	WP-207(1)	A1	00-20	6,82	0,70	0,00	1,51	0,07	14,9	191	16,97	11,15	1,12	0,55	0,01	0,00	12,83	12,83	75,68	57	17	26	FrArA
WP-208	WP-208(1)	A1	00-10/15	6,25	0,19	0,00	1,99	0,09	11,2	155	13,69	7,68	0,77	0,38	0,01	0,00	8,84	8,84	64,60	69	12	19	FrA
WP-209	WP-209(1)	A1	00-20/28	8,32	0,76	8,05	3,54	0,17	21,9	238	18,01	15,65	1,56	0,78	0,02	0,00	18,01	18,01	100,00	65	12	23	FrArA
WP-210	WP-210(1)	A1	00-29	7,63	0,42	2,00	3,68	0,17	12,5	521	29,76	26,76	1,98	1,00	0,02	0,00	29,76	29,76	99,90	58	10	32	FrArA
	WP-210(2)	Bw1	29-52	8,42	0,24	1,00	1,84	0,09	7,00	387	21,88	19,67	1,46	0,76	0,04	0,00	21,93	21,93	99,80	66	8	26	FrArA
	WP-210(3)	Bw2	52-80	8,48	0,26	0,80	1,53	0,07	7,50	390	21,26	19,01	1,42	0,65	0,04	0,00	21,12	21,12	99,80	64	10	26	FrArA
	WP-210(4)	Bw3	80-130	8,24	0,24	0,25	2,45	0,11	7,00	421	23,10	20,85	1,54	0,70	0,01	0,00	23,10	23,10	100,00	64	10	26	FrArA
WP-211	WP-211(1)	Ap	00-27	7,95	0,38	2,20	2,95	0,17	6,52	175	20,62	18,49	1,42	0,69	0,02	0,00	20,62	20,62	94,15	65	10	25	FrArA
	WP-211(2)	Bw1	27-83	7,59	0,54	1,10	2,75	0,16	7,07	168	16,00	14,50	1,04	0,47	0,01	0,00	16,02	16,02	87,31	65	9	26	FrArA

**Fuente:** Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes de la Universidad Nacional Agraria La Molina  
Laboratorio de Análisis de Suelos y Plantas de la Universidad Nacional de Cajamarca.

De acuerdo a la Tabla 27, se puede observar que los valores del pH varían desde extremadamente ácido, hasta moderadamente alcalino (pH: 4.2- 8.4); de acuerdo a la conductividad eléctrica los niveles estudiados son libres de excesos de sales y sodio (CE: 0.02- 0.97 dS/m); el calcáreo presenta niveles bajos a altos ( $\text{CaCO}_3$ : 0.00 – 36.27%); la materia orgánica presenta niveles bajos a altos (M.O: 0.91- 15.02%); el nitrógeno total presenta niveles bajos a altos (N: 0.02- 0.64%), el fósforo disponible varía de niveles bajos a altos (P: 1.0 – 45.0 ppm); el potasio disponible se encuentra entre los niveles bajos y altos (K: 22 – 650ppm); la capacidad de intercambio catiónico varía de niveles muy bajos a altos (CIC: 2.0 – 66.4mEq/100g); el aluminio presenta niveles bajos a altos (Al: 0.00 – 10.2 mEq/100g) y la saturación de bases en el presente estudio varía de niveles bajos a altos (SB: 2.0 – 100%). Al respecto AUSENCO, 2013, en el Estudio de Impacto Ambiental, del proyecto Tratamiento de Relaves de la unidad mínima San Rafael Puno, así como Schlumberger Water Services (2013), en el estudio Línea Base Ambiental del proyecto minero Cotabambas, Apurímac, encontraron resultados similares. De todos estos parámetros, los utilizados para determinar la fertilidad del suelo, en los estudios de clasificación de suelos son la materia orgánica, fósforo disponible y potasio disponible recientemente incluidos en el D.S. 017-2009-AG, cuyos niveles se explicarán detalladamente en la Tabla 43 del presente estudio.

#### 4.3. Evaluación de las características edáficas utilizadas en las clasificaciones por Capacidad de Uso Potencial de los Suelos y Capacidad de Uso Mayor de las Tierras

Se determinó la participación de las características de los suelos y los parámetros de clasificación de cada característica en la clasificación de suelos, para lo cual se han elaborado las siguientes tablas:

**Tabla 28.** *Características edáficas utilizadas en las clasificaciones*

<b>Capacidad de Uso Mayor</b>	<b>Capacidad de Uso Potencial</b>
Textura	Textura
Drenaje	Drenaje
Reacción	Reacción
Pendiente	Pendiente
Profundidad efectiva	Profundidad efectiva
Pedregosidad superficial	Pedregosidad superficial
Erosión	Erosión
Microtopografía	Material parental
Fragmentos rocosos	Capas duras
Salinidad y/o sodicidad	
Riesgo de anegamiento	
Clima	
Fertilidad del suelo	

**Fuente:** Poma, 2018. Elaboración propia

De la Tabla 28, se deduce que existen características edáficas que son evaluadas en ambos sistemas de clasificación, mientras que otras características son evaluadas solamente por una de las clasificaciones. De acuerdo a esto se ha elaborado la Tabla 29 Características de los suelos comunes a ambos sistemas de clasificación y la Tabla 30 Características de los suelos no comunes a ambos sistemas de clasificación.

**Tabla 29.** *Características de los suelos comunes a ambos sistemas de clasificación*

<b>Características edáficas</b>
Textura
Drenaje
Reacción
Pendiente
Profundidad efectiva
Pedregosidad superficial
Erosión

**Fuente:** Poma (2018), elaboración propia

**Tabla 30.** *Características de los suelos no comunes a ambos sistemas de clasificación*

<b>Capacidad de Uso Mayor</b>	<b>Capacidad de Uso Potencial</b>
Microtopografía	Material parental
Fragmentos rocosos	Capas duras
Salinidad y/o sodicidad	
Riesgo de anegamiento	
Clima	
Fertilidad del suelo	

**Fuente:** Poma, 2018. Elaboración propia

La Tabla 30, nos muestra que en la clasificación de la capacidad de uso potencial trabajado en los suelos de la cuenca del Río Cajamarca (Landa et al., 1978) se considera las clases de material parental y la presencia de capas duras, en cambio en la guía de calificación de los parámetros edáficos del Reglamento de Clasificación de Tierras por Capacidad de Uso Mayor, estos parámetros edáficos no son considerados; pero a su vez la CUM considera la evaluación de la microtopografía o microrelieve, fragmentos rocosos en el perfil, salinidad y/o sodicidad, riesgo de anegamiento, clima y la fertilidad del suelo.

Para determinar los grupos de capacidad de uso mayor y las clases de capacidad de uso potencial, se describen los parámetros de clasificación de cada característica de los suelos similares en ambos sistemas, lo cual se presenta en la Tabla 31.

## A. Pedregosidad Superficial

Se refiere a la proporción relativa de piedras de más de 25 cm de diámetro que se encuentran en la superficie del suelo.

**Tabla 31. Pedregosidad superficial**

Capacidad de Uso Mayor			Capacidad de Uso Potencial		
Símbolo	Clase	Descripción	Símbolo	Clase	Descripción
0	Libre a ligeramente pedregoso	Las piedras cubren entre 0,01 – 0,1% de la superficie. Las piedras se encuentran a distancias mayores a 20 m.	0	Libre a ligeramente pedregoso	Las piedras cubren entre 0,01 – 0,1% de la superficie. Las piedras se encuentran a distancias mayores a 20 m.
1	Moderadamente pedregoso	Las piedras cubren entre 0,1 – 3% de la superficie. Las piedras se distancian entre 3 y 20 m.	1	Moderadamente pedregoso	Las piedras cubren entre 0,1 – 3% de la superficie. Las piedras se distancian entre 3 y 20 m.
2	Pedregoso	Las piedras cubren entre 3 – 15% de la superficie. Las piedras se distancian entre 1 y 3 m.	2	Pedregoso	Las piedras cubren entre 3 – 15% de la superficie. Las piedras se distancian entre 1 y 3 m.
3	Muy pedregoso	Las piedras cubren entre 15 – 50% de la superficie. Las piedras se distancian entre 0,5 y 1 m.	3	Muy pedregoso	Las piedras cubren entre 15 – 50% de la superficie. Las piedras se distancian entre 0,5 y 1 m.
4	Extremadamente pedregoso	Las piedras cubren entre 50 – 90% de la superficie. Las piedras se distancian a menos de 0,5 m.	4	Extremadamente pedregoso	Las piedras cubren entre 50 – 90% de la superficie. Las piedras se distancian a menos de 0,5 m.
			5	Superficie pavimentada	Las piedras cubren más del 90% de la superficie.

**Fuente:** Reglamento de Clasificación de Tierras por Capacidad de Uso Mayor D.S. N° 017-2009-AG  
Landa et al., 1978  
Poma, 2018. Elaboración propia

De igual manera, para determinar los grupos de capacidad de uso mayor y las clases de capacidad de uso potencial se han considerado los parámetros de clasificación de cada característica de los suelos no similares en ambos sistemas, lo cual se presenta en las Tablas 32, 33, 34, 35, 36, 37.

## **B. Textura**

Son las proporciones relativas de arena, arcilla y limo, referidas en porcentaje, de partículas de hasta 2 mm de diámetro. Para la capacidad de uso mayor se considera la textura dominante en los 100 primeros cm de profundidad, en cambio para la capacidad de uso potencial se considera la textura en los 30 cm de profundidad. Para determinar la capacidad de uso mayor, se considera cinco niveles de la textura del suelo; en cambio para capacidad de uso potencial se considera solamente tres niveles de la textura.

**Tabla 32. Textura**

Capacidad de Uso Mayor			Capacidad de Uso Potencial		
Símbolo	Denominación	Clases texturales	Símbolo	Denominación	Clases texturales
G	Gruesa	Arena, Arena franca	l	Ligera	Arena, Arena franca y Franco arenoso
MG	Moderadamente Gruesa	Franco arenoso	m	Media	Franco, Franco limoso, Limoso, Franco arcillo arenoso y Franco arcillo limoso
M	Media	Franco, Franco limoso y limoso	p	Pesada	Franco arcilloso, Arcillo limoso, Arcillo arenoso y Arcilloso
MF	Moderadamente Fina	Franco arcilloso, Franco arcillo limoso y Franco arcillo arenoso			
F	Fina	Arcillo arenoso, Arcillo limoso y Arcilloso			

**Fuente:** Reglamento de Clasificación de Tierras por Capacidad de Uso Mayor D.S. N° 017-2009-AG  
Landa et al., 1978  
Poma, 2018. Elaboración propia

### C. Drenaje

Es la rapidez y grado con que el agua es removida del suelo en relación con el escurrimiento superficial y el movimiento de las aguas a través del suelo hacia los espacios subterráneos. Para determinar la capacidad de uso mayor se considera siete (7) clases de drenaje, en cambio para la capacidad de uso potencial solamente se considera cinco (5) clases de drenaje.

**Tabla 33. Drenaje**

Capacidad de Uso Mayor			Capacidad de Uso Potencial		
Símbolo	Clase de Drenaje	Descripción	Símbolo	Clase de Drenaje	Descripción
A	Excesivo	El agua es removida del suelo muy rápidamente. Suelos arenosos y muy porosos, áreas muy empinadas o ambos	a	Excesivo	Asociado generalmente a texturas gruesas y/o poca profundidad. El perfil no muestra moteados
B	Algo excesivo	El agua es removida del suelo rápidamente. Suelos porosos, permeabilidad moderadamente rápida, y/o escurrimiento rápido, áreas empinadas o ambos	e	Bueno	Asociado generalmente a texturas medias, el perfil no muestra moteados o pocos en su base
C	Bueno	El agua es removida del suelo con facilidad pero no rápidamente. Suelos de textura media	i	Imperfecto	Asociado generalmente a texturas medias o pesadas, abundantes moteados en el perfil Moteados abundantes en el perfil, presencia de un horizonte de gley, asociado a una napa permanente o fluctuante
D	Moderado	El agua es removida del suelo algo lentamente, a menudo hay moteaduras, napa algo alta	o	Pobre	El horizonte de gley aparece en los 30 cm superiores del perfil, condiciones de anegamiento.
E	Imperfecto	El agua es removida del suelo lentamente, presencia de moteaduras, napa alta.	u	Nulo o anegado	
F	Pobre	El agua es removida del suelo tan lentamente que el suelo permanece mojado por un largo periodo de tiempo, napa alta.			

Capacidad de Uso Mayor			Capacidad de Uso Potencial		
Símbolo	Clase de Drenaje	Descripción	Símbolo	Clase de Drenaje	Descripción
G	Muy pobre	Áreas deprimidas. El agua es removida del suelo tan lentamente que una lámina de agua permanece en la superficie casi todo el año. Áreas planas o depresionadas y están frecuentemente inundadas			

**Fuente:** Reglamento de Clasificación de Tierras por Capacidad de Uso Mayor D.S. N° 017-2009-AG  
Landa et al., 1978  
Poma, 2018. Elaboración propia

#### D. Reacción del suelo (pH)

Es el grado de acidez o alcalinidad del suelo y se mide en unidades de pH. Para la capacidad de uso mayor se considera el pH dominante en los 50 primeros cm de profundidad, en cambio para la capacidad de uso potencial se considera el pH en los 30 cm de profundidad. Para determinar la capacidad de uso mayor se considera once (11) clases de pH; en cambio para la capacidad de uso potencial solamente se considera cuatro (4) clases de pH.

**Tabla 34. Reacción del suelo**

Capacidad de Uso Mayor			Capacidad de Uso Potencial	
Rango de pH	Denominación	Símbolo	Rango de pH	Denominación
Menos de 3,5	Ultra ácido	f	Menor o igual a 5,4	Muy fuertemente ácido
3,6 – 4,4	Extremadamente ácido	l	5,5 – 6,4	Fuertemente a ligeramente ácido
4,5 – 5,0	Muy fuertemente ácido	n	6,5 – 7,4	Ligeramente ácido a ligerammente alcalino
5,1 – 5,5	Fuertemente ácido	k	Mayor o igual a 7,4	Moderadamente alcalino a alcalino
5,6 – 6,0	Moderadamente ácido			
6,1 – 6,5	Ligeramente ácido			
6,6 – 7,3	Neutro			
7,4 – 7,8	Ligeramente alcalino			
7,9 – 8,4	Moderadamente alcalino			
8,5 – 9,0	Fuertemente alcalino			
Más de 9,0	Muy fuertemente alcalino			

**Fuente:** Reglamento de Clasificación de Tierras por Capacidad de Uso Mayor D.S. N° 017-2009-AG  
Landa et al., 1978  
Poma, 2018. Elaboración propia

### E. Pendiente

La pendiente es el grado de inclinación que tiene la superficie del suelo, para la clasificación de suelos la pendiente se expresa en porcentaje. Para determinar la capacidad de uso mayor se considera siete (7) clases de pendiente; en cambio para determinar la capacidad de uso potencial se considera seis (6) clases de pendiente.

**Tabla 35. Pendiente**

Capacidad de Uso Mayor			Capacidad de Uso Potencial		
Símbolo	Rango (%)	Clase de pendiente	Símbolo	Rango (%)	Clase de pendiente
A	0 - 4	Nula o casi a nivel	1	0 -4	Nula o casi a nivel
B	4 – 8	Ligeramente inclinada	2	5 – 12	Ligeramente inclinada
C	8 – 15	Ligeramente inclinada a moderadamente empinada	3	13 – 25	Moderadamente empinada
D	15 – 25	Moderadamente empinada	4	26 – 50	Empinada
E	25 – 50	Empinada	5	51 – 70	Muy empinada
F	50 – 75	Muy empinada	6	Mayor a 70	Extremadamente empinada
G	Mayor 75	Extremadamente empinada			

**Fuente:** Reglamento de Clasificación de Tierras por Capacidad de Uso Mayor D.S. N° 017-2009-AG  
Landa et al., 1978  
Poma, 2018. Elaboración propia

## F. Profundidad efectiva

Es el espesor de las capas del suelo en donde las raíces de las plantas pueden penetrar fácilmente en busca de agua y nutrientes. Su límite inferior está dado por capas de arcillas muy densas, materiales consolidados por la acción química (Harpanes de diferente naturaleza), materiales fragmentarios (gravas, piedras o rocas) o la napa freática permanente, que actúan como limitantes al desarrollo normal de las plantas. Para determinar la capacidad de uso mayor se considera cinco (5) clases de profundidad; en cambio para la capacidad de uso potencial se considera cuatro (4) clases de profundidad.

**Tabla 36. Profundidad efectiva**

Capacidad de Uso Mayor			Capacidad de Uso Potencial	
Rango en cm	Clases de Profundidad	Símbolo	Rango en cm	Clases de Profundidad
Menos de 25	Muy superficiales	a	Menos de 30	Muy superficiales a superficiales
25 - 50	Superficiales	e	30 – 60	Superficiales o moderadamente profundos
50 – 100	Moderadamente profundos	i	60 – 120	Moderadamente profundos a profundos
100 – 150	Profundos	o	Mayor a 120	Muy profundos
Mayor a 150	Muy profundos			

**Fuente:** Reglamento de Clasificación de Tierras por Capacidad de Uso Mayor D.S. N° 017-2009-AG  
Landa et al., 1978  
Poma, 2018. Elaboración propia

### G. Erosión hídrica

Erosión es el desprendimiento, transporte y deposición del material del suelo por el escurrimiento superficial. Para determinar la capacidad de uso mayor se considera cinco (5) clases de erosión, en cambio para la capacidad de uso potencia se considera tres (3) clases de erosión.

**Tabla 37. Erosión hídrica**

Capacidad de Uso Mayor		Capacidad de Uso Potencial		
Clase de erosión	Descripción	Símbolo	Clase de erosión	Descripción
Muy ligera	Se observa síntomas de erosión difusa que se caracteriza por una remoción y arrastre imperceptible de partículas de suelo	n	Ninguna o leve	No se observa erosión o síntomas de erosión difusa
Ligera	Se observa síntomas de erosión laminar, caracterizado por la remoción y arrastre laminar y presencia de canalículos.	m	Moderada	Erosión laminar más erosión por surcos
Moderada	Se observa síntomas de erosión a través de la existencia de regular cantidad de surcos.	s	Severa	Erosión por surcos y cárcavas
Severa	Presencia abundante de surcos y cárcavas no corregibles por las labores de suelo			
Extrema	Suelos prácticamente destruidos. Presencia de muchas cárcavas.			

**Fuente:** Reglamento de Clasificación de Tierras por Capacidad de Uso Mayor D.S. N° 017-2009-AG  
Landa et al., 1978  
Poma, 2018. Elaboración propia

Se ha tenido en cuenta también los parámetros de clasificación de cada característica de los suelos considerandos solo en el sistema de capacidad de uso mayor, lo cual se presenta en las Tablas 38, 39, 40, 41, 42 y 43.

## H. Microtopografía o microrelieve

Se refiere a las pequeñas diferencias de relieve, determinándose cuatro clases de configuración de la superficie o microrelieve del terreno.

**Tabla 38. Microtopografía o microrelieve**

<b>Capacidad de Uso Mayor</b>		
<b>Símbolo</b>	<b>Clase de Microtopografía</b>	<b>Descripción</b>
1	Plano	Ausencia de microonduaciones o microdepresiones
2	Ondulado suave	Con microondulaciones muy espaciadas
3	Ondulado	Con microondulaciones de igual anchura y profundidad
4	Microquebrada o Microaccidentado	Presentan microondulaciones más profundas que anchas

**Fuente:** Reglamento de Clasificación de Tierras por Capacidad de Uso Mayor D.S. N° 017-2009-AG Poma, 2018. Elaboración propia

### **I. Fragmentos rocosos**

Se refiere a la presencia de gravillas, gravas, guijarros y piedras en el perfil del suelo, cuyos diámetros oscilan de 2 mm a 60 cm.

**Tabla 39. Fragmentos rocosos**

<b>Capacidad de Uso Mayor</b>		
<b>Símbolo</b>	<b>Clase</b>	<b>Descripción</b>
0	Libre a ligeramente gravoso (guijarroso o pedregoso)	Contiene menos del 15% de fragmentos rocosos por volumen de suelo
1	Gravoso (guijarroso o pedregoso)	Contiene de 15 a 35% de fragmentos rocosos por volumen de suelo
2	Muy gravoso (guijarroso o pedregoso)	Contiene de 35 a 60% de fragmentos rocosos por volumen de suelo
3	Extremadamente gravoso (guijarroso o pedregoso)	Contiene más de 60% de fragmentos rocosos por volumen de suelo

**Fuente:** Reglamento de Clasificación de Tierras por Capacidad de Uso Mayor D.S. N° 017-2009-AG Poma, 2018. Elaboración propia

## J. Salinidad y/o sodicidad

La salinidad es el contenido de sales minerales disueltas en el suelo y puede ser estimada por la medición de la conductividad eléctrica (CE) de una solución extraída del suelo. En cambio, la sodicidad del suelo es una acumulación de sales con elevado contenido de sodio ( $\text{Na}^+$ ) intercambiable en la solución y en el complejo de cambio del suelo.

**Tabla 40.** *Salinidad y/o sodicidad*

Capacidad de Uso Mayor		
Símbolo	Clase	Descripción
0	Libre a muy ligeramente afectados de excesos de sales y sodio	Prácticamente ningún cultivo se encuentra inhibido en su crecimiento. Los suelos muestran conductividad eléctrica inferior a 4 dS/m. el porcentaje de sodio es menor a 4% El crecimiento de las especies sensibles está inhibido, pero las tolerantes pueden subsistir.
1	Ligeramente afectados por sales y sodio	La conductividad eléctrica varía de 4 a 8 dS/m. El porcentaje de sodio es de 4 a 8% El crecimiento de los cultivos está inhibido y muy pocas plantas pueden desarrollar adecuadamente. La conductividad eléctrica varía de 8 a 16 dS/m. El porcentaje de sodio está entre 8 y 15%
2	Moderadamente afectados por sales y sodio	
3	Fuertemente afectados por sales y sodio	No se puede cultivar económicamente. La conductividad eléctrica es mayor a 16 dS/m. El porcentaje de sodio sobrepasa el 15%

**Fuente:** Reglamento de Clasificación de Tierras por Capacidad de Uso Mayor D.S. N° 017-2009-AG Poma, 2018. Elaboración propia

## K. Riesgo de anegamiento o inundación fluvial

Es el riesgo de inundación de un terreno agrícola o cualquier superficie, ya sea por aumento del nivel freático, por una irrigación o por aumento del caudal de los ríos y quebradas (Roberto, 2013).

**Tabla 41. Riesgo de anegamiento o inundación fluvial**

<b>Capacidad de Uso Mayor</b>		
<b>Símbolo</b>	<b>Clase</b>	<b>Descripción</b>
0	Sin riesgo o peligro de inundación	Incluye años de inundación muy excepcionales y por breve duración
1	Inundación ligera	El anegamiento es de poca profundidad y por periodos cortos en ciertos meses de todos o algunos años. Permite cultivos tanto perennes como estacionales
2	Inundación moderada	El anegamiento es de gran profundidad y por periodos moderadamente prolongados en todos los años. Es muy difícil o imposible el uso del suelo para cultivos perennes, permitiendo el cultivo estacional de cultivos en limpio o pastos
3	Inundación severa	El anegamiento es profundo y frecuente, por periodos muy prolongados que no permiten la instalación de ningún cultivo en limpio o el cultivo de pastos continuado.
4	Inundación extrema	El anegamiento es de duración casi permanente

**Fuente:** Reglamento de Clasificación de Tierras por Capacidad de Uso Mayor D.S. N° 017-2009-AG Poma, 2018. Elaboración propia

## **L. Clima**

Para fines del Reglamento de Clasificación de Tierras por Capacidad de Uso Mayor, el término clima se refiere a las zonas de vida con sus características de temperatura y precipitación promedio considerados en el mapa ecológico del Perú.

**Tabla 42. Clima**

<b>Capacidad de Uso Mayor</b>		
<b>Clave</b>	<b>Zona de vida</b>	<b>Tipos climáticos</b>
1	d-T, d-S, d-Tc, d-PT, d-PS, d-PTc, d-MBT y d-MBS	Árido - cálido
2	md-T, md-S, md-Tc, md-PT, md-MBT, md-MBS, md-MBTc, mte-T, mte-S, mte-PT y md-MTc	Árido – templado cálido Semiárido – templado cálido
3	d-MT, d-MS, d-MTc, md-MT, md-MS	Árido – templado cálido
4	ee-MBT, ee-MBS	Semiárido – templado cálido
5	e-MT, e-MS	Semiárido – semifrío
6	ph-SaT, ph-SaS, pmh-SaT, pmh-SaS, pp-SaT, pp-SaS, pps-SaS	Húmedo - semifrío
7	tp-AT, tp-AS, tmh-AS, th-ATc, md-SaT, md-SaS, md-SaTc	Húmedo - frígido
8	bms-T, bs-PT, bs-S	Subhúmedo - cálido
9	bs-MBT, bs-MBS	Subhúmedo - templado
10	bh-MT, bh-MS	Húmedo - semifrío
11	bs-T, bh-PT, bh-S	Subhúmedo - cálido
12	bh-MBT, bh-MBS	Húmedo - templado
13	bmh-MT, bmh-MS	Húmedo - semifrío
14	bh-T, bmh-PT, bmh-S, bmh-MBT, bmh-MBS	Muy húmedo cálido
15	bmh-T, bp-PT, bp-S	Muy húmedo cálido

**Fuente:** Reglamento de Clasificación de Tierras por Capacidad de Uso Mayor D.S. N° 017-2009-AG Poma, 2018. Elaboración propia

### **M. Fertilidad del suelo**

Relaciona al contenido de macronutrientes: materia orgánica (nitrógeno), fósforo y potasio de la capa superficial del suelo, hasta 30 cm de espesor. Su valor alto, medio o bajo se determina aplicándose la ley del mínimo, ello quiere decir es definida por el parámetro que presenta el menor valor.

**Tabla 43. Fertilidad del suelo**

<b>Capacidad de Uso Mayor</b>		
<b>Símbolo</b>	<b>Clase de Fertilidad</b>	<b>Descripción</b>
1	Alta	Todos los contenidos de materia orgánica, fósforo y/o potasio son altos
2	Media	Cuando alguno de los contenidos de materia orgánica, fósforo y/o potasio es medio, los demás son altos
3	Baja	Cuando por lo menos uno de los contenidos de materia orgánica, fósforo y/o potasio es bajo

**Fuente:** Reglamento de Clasificación de Tierras por Capacidad de Uso Mayor D.S. N° 017-2009-AG Poma, 2018. Elaboración propia

Los parámetros que definen la fertilidad del suelo se indica en la Tabla 44.

**Tabla 44. Parámetros que definen la fertilidad del suelo**

<b>Nivel</b>	<b>Materia orgánica (%)</b>	<b>Fósforo disponible (ppm)</b>	<b>Potasio disponible (ppm)</b>
Bajo	Menor de 2	Menor de 7	Menor de 100
Medio	2 – 4	7 - 14	100 - 240
Alto	Mayor de 4	Mayor de 14	Mayor de 240

**Fuente:** Reglamento de Clasificación de Tierras por Capacidad de Uso Mayor D.S. N° 017-2009-AG Poma, 2018. Elaboración propia

Finalmente, se ha tenido en cuenta también como base los parámetros de clasificación de cada característica de los suelos considerandos solo en el sistema de capacidad de uso potencial. En este caso, en la leyenda de la capacidad de uso potencial considera el material parental y las capas duras o densas, las cuales se presentan en las Tablas 45 y 46.

## **N. Material parental**

Es el material geológico inalterado o roca madre o depósito superficial transportado y luego depositado en otros lugares.

**Tabla 45. Material parental**

<b>Categoría</b>	<b>Tipo de material</b>	<b>Símbolo</b>
Rocas coherentes, duras o meteorizadas	- Calizas en general	Ca
	- Areniscas y/o cuarcitas	Ar
	- Lutitas, pizarras y/o limolitas	Lu
	- Tufos volcánicos	Tu
	- Otro material volcánico	Vo
Material detrítico de diferente origen	- De origen aluvial	Al
	- De origen fluvio glacial, glacial, aluvio- coluvial o coluvial	
	- a carácter fino	Di
	- a carácter grueso	Do

*Nota:* Se encierra dos símbolos entre paréntesis en el caso de materiales complejos

**Fuente:** Landa et al., 1978

Poma, 2018. Elaboración propia

#### **O. Capas duras o densas**

Son aquellas capas que se han endurecido y que limitan la profundidad efectiva, debido a que impiden el ingreso de las raíces; estas capas pueden ser costras calcáreas, contactos petroféricos, contactos petrogípsicos, fragipanes o duripanes.

**Tabla 46. Capas duras o densas**

<b>Símbolo</b>	<b>Tipo de Capas duras</b>
c	Costra calcárea u horizonte petrocálcico. Capa dura enriquecida en CaCO <sub>3</sub>
x	Fragipán. Capa de tierra densa y muy poco permeable a las raíces
f	Contacto petroférico. Capa dura enriquecida en óxidos de hierro y manganeso
d	Duripán. Capa dura cementada por sílice

*Nota:* Se anotan mayúsculas en el caso de que estos contactos no sean continuos en una unidad

**Fuente:** Landa et al., 1978

Poma, 2018. Elaboración propia

#### **4.4. Adaptación de los parámetros edáficos a ambos sistemas de clasificación**

De acuerdo al análisis realizado para cada una de las características edáficas utilizadas en las clasificaciones de suelos por capacidad de uso potencial y

capacidad de uso mayor, los parámetros edáficos que se deben considerar para ambas clasificaciones serían los siguientes: El material parental, la textura, el drenaje interno, la pendiente, la pedregosidad superficial y las capas duras, deben ser consideradas de acuerdo a la leyenda cartográfica de la capacidad de uso potencial; en cambio, la reacción o pH, la profundidad efectiva, los fragmentos rocosos, la erosión hídrica, el clima y la fertilidad, deben ser consideradas de acuerdo a la guía de clasificación de los parámetros edáficos de la capacidad de uso mayor. Para el caso del pH o reacción del suelo se debería hacer alguna ligera precisión en los rangos de este parámetro edáfico.

#### **4.5. Importancia de los parámetros edáficos que deben ser considerados en la compatibilización de ambos sistemas de clasificación**

##### **4.5.1. Material parental**

Desde el punto de vista edáfico, el material parental se define como el tipo de rocas o sustrato que da origen a los suelos; por lo tanto, este material puede estar constituido por rocas duras o coherentes y/o depósitos de materiales detríticos finos o gruesos de diferente origen. Su importancia radica, en la naturaleza del material parental (roca), que influye en las características de los suelos. La composición química y mineralógica del material parental determina la efectividad de las fuerzas de la edafización, así como también controla la vegetación natural; existen distintos materiales parentales, entre los que cabe destacar por su abundancia en la cuenca del río Cajamarca: calizas, areniscas, lutitas, material volcánico, materiales aluviales, coluviales. etc.) (Moreno, Valtierra y Gúzman, 2010).



**Figura 9.** Roca volcánica en el perfil

**Ubicación:**

En el sector Pampa de Milpo



**Figura 10.** Material detrítico fino

**Ubicación:**

En el sector Laguna Chamis

En la Figura 9 de la calicata WP-207 de la cuenca del río Cajamarca, leída en la pampa de Milpo, se puede apreciar un horizonte A que descansa directamente sobre la roca volcánica; en cambio, en la Figura 10 de la calicata WP-178 del presente estudio, se observa un suelo bien desarrollado constituido por depósitos de material detrítico fino de origen aluvio coluvial.

#### **4.5.2. Textura.**

Son las proporciones relativas de arena, arcilla y limo menores de 2 mm de diámetro (fracciones granulométricas) que se encuentran en una masa de suelo. La textura de un horizonte es una característica permanente, puesto que por lo general no sufren ninguna modificación. La clase textural de un suelo, es muy importante para la instalación y producción de los cultivos agrícolas, pastos y especies forestales, porque está directamente vinculada al uso del agua en el perfil del suelo. Los suelos ligeros o arenosos tienen poca capacidad de retención

de agua, porque el agua mayormente se percola y luego se lixivia y se pierde a capas profundas; así mismo los suelos muy pesados o arcillosos en zonas planas y durante la época de lluvia pueden producir encharcamientos y generar un drenaje imperfecto que afecta al crecimiento y desarrollo de las especies cultivadas; por lo tanto es más recomendable tener suelos de texturas medias o francos que permitan una buena distribución del agua en el perfil y facilitar la nutrición mineral de las especies naturales o cultivadas. De igual manera, la escorrentía superficial es mayor o mucho más dañina en suelos arenosos en superficie por la débil estabilidad estructural, no sucediendo esto cuando la superficie es arcillosa, por lo tanto, la textura influye también en el proceso erosivo de un suelo. La textura del suelo, también influye en la fase gaseosa del suelo, por lo tanto, influye en la respiración de las raíces de las plantas, así como en la respiración de macro y microorganismos (Agromática, 2013)



*Figura 11.* Suelo arcilloso

**Ubicación:**

En el fundo la Argentina, en el valle de Cajamarca



*Figura 12.* Suelo arenoso

**Ubicación:**

En la Pampa de Yamobamba, parte baja de la plantación Chilacat

En la Figura 11 de la calicata WP-99 de la cuenca del río Cajamarca, leída en el fundo la Argentina (alrededores del Capac Ñan), se puede apreciar un suelo bien desarrollado, con una sucesión de horizontes de textura franco arcillo arenoso; en cambio, en la Figura 12 de la calicata WP-130 del presente estudio, leída en la pampa de Yamobamba en la parte baja de la plantación Chilacat, se observa un perfil constituido por una sucesión de horizontes de textura arenosa desde la superficie hasta 120 cm de profundidad.

#### **4.5.3. Drenaje interno.**

Se refiere a la mayor o menor rapidez o facilidad para evacuar el agua del suelo, tanto por escurrimiento superficial y por infiltración. También se puede definir el drenaje como la capacidad de movimiento del agua a nivel del perfil del suelo. Su importancia radica, porque está directamente relacionado con la aireación, desarrollo radicular y el acceso a nutrientes. En la actividad agrícola, pecuaria o forestal, siempre es mejor tener un drenaje bueno, ya que, en suelos con drenaje excesivo, el agua pasa muy rápidamente a través del perfil y los suelos permanecen secos limitando el crecimiento y desarrollo de las plantas; así mismo en suelos con drenaje imperfecto, nulo o anegado existe excesos de humedad en el perfil, limitando el desarrollo radicular (Durán, 2011).



**Figura 13.** Drenaje bueno y drenaje excesivo

**Ubicación:**  
En el sector La Laguna - Llacanora



**Figura 14.** Drenaje imperfecto a pobre

**Ubicación:**  
La Laguna Sulluscocha

En la Figura 13, en el sector la Laguna, comprensión del distrito de Llacanora, se puede apreciar dos tipos de drenaje, en la parte baja ocupado por cultivos los suelos presentan un drenaje bueno, asociado a suelos bien desarrollados con buena textura y estructura, en cambio en la parte alta de la foto se observan suelos muy superficiales, poco desarrollados y erosionados con un drenaje excesivo. En la Figura 14, en los alrededores de la laguna Sulluscocha, se puede apreciar suelos hidromórficos con un drenaje imperfecto a pobre con exceso de humedad en el perfil.

#### **4.5.4. Reacción o pH.**

Es el grado de acidez o alcalinidad de un suelo. La reacción es una propiedad muy importante porque influye en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Desde el punto de vista agrícola, siempre es deseable tener suelos de pH neutro, tanto los suelos muy ácidos o muy alcalinos presentan problemas relacionados con la nutrición mineral de las plantas., por ejemplo, el fósforo se fija tanto en suelos ácidos, así como en los suelos alcalinos (“Reacción del Suelo”, 2013)



**Figura 15.** Suelos ácidos



**Figura 16.** Suelos moderadamente alcalinos

**Ubicación:**

En parte alta de La Laimina - Jesús

**Ubicación:**

En el sector La Bendiza - Jesús

En la Figura 15, en el sector La Laimina, comprensión del distrito de Jesús, se puede apreciar que la mayor parte del terreno está ocupado por la hierba colorada *Rumex acetocella*, la cual es una planta indicadora de suelos ácidos, en cambio en la Figura 16, en el sector La Bendiza, comprensión del distrito de Jesús, se puede apreciar extensas chacras de alfalfa *Medicago sativa*, la cual es una planta indicadora de suelos alcalinos.

#### **4.5.5. Pendiente.**

Es el grado de inclinación de la superficie del suelo por cada 100 metros de longitud. Su importancia radica porque está directamente relacionado con la erosión de los suelos, a medida que aumenta la pendiente del terreno, el problema de la erosión se incrementa; ya que a mayor pendiente la velocidad del agua de escorrentía se incrementa, lo cual aumenta la cantidad de suelo transportado y disminuye la capacidad del suelo para retener agua. La pendiente es un parámetro muy importante en los estudios de suelos, porque nos permite implementar las medidas conservacionistas más apropiadas en función de los niveles de pendiente (<https://www.significados.com/pendiente/>).



**Figura 17.** Suelos con pendiente nula o casi a nivel

**Ubicación:**

En el C.E. La Victoria - UNC



**Figura 18.** Suelos con pendiente muy empinada

**Ubicación:**

En el sector La Shita - Jesús

En la Figura 17, en el Centro Experimental La Victoria, en el valle de Cajamarca, se puede apreciar que los suelos presentan una pendiente nula o casi a nivel, en cambio en la Figura 18, en las laderas del cerro La Shita, comprensión del distrito de Jesús, se puede apreciar que los suelos presentan una pendiente muy empinada.

#### **4.5.6. Profundidad efectiva.**

Es el espesor de las capas del suelo en donde las raíces de las plantas pueden penetrar fácilmente en busca de agua y nutrientes. Su límite inferior está dado por capas de arcillas muy densas, materiales consolidados por la acción química (hardpanes de diferente naturaleza), materiales fragmentarios (rocas, piedras, gravas) o napa freática permanente, que actúan como limitantes al desarrollo normal de las plantas. Siempre deseamos tener suelos profundos, con buena capacidad de retención de humedad y suficiente cantidad de elementos nutritivos que garanticen el crecimiento y desarrollo de los cultivos agrícolas, pastos y plantaciones forestales. Entonces, su importancia está relacionada con la disponibilidad de agua en los suelos y la disponibilidad de nutrientes necesarios

para buena nutrición mineral de las especies; de igual manera la profundidad efectiva se relaciona con la erosión, suelos superficiales son más susceptibles de erosionarse, que aquellos suelos bien desarrollados y que muestran una buena disposición de horizontes (Vivas, 2012).



**Figura 19.** Suelo profundo

**Ubicación:**

En el sector Sulluscocha

En la Figura 19, en el sector Sulluscocha, calicata WP-1 del presente estudio,

se puede apreciar que los suelos son profundos y bien desarrollados; en cambio en la Figura 20, en el sector Urubamba, parte alta de la ciudad de Cajamarca, calicata WP-203 del presente estudio se puede apreciar que los suelos son superficiales, con un horizonte A de 12 a 14 cm de espesor, que descansa directamente sobre una costra calcárea.



**Figura 20.** Suelo superficial

**Ubicación:**

En el sector Urubamba

#### 4.5.7. Pedregosidad superficial.

Se refiere a la proporción relativa de piedras de más de 25 cm, de diámetro que se encuentran en la superficie del suelo. La evaluación de la pedregosidad superficial es muy importante, porque permite determinar la capacidad de uso de los suelos; suelos sin piedras no interfieren las labores de labranza y manejo del cultivo, en cambio suelos pedregosos impiden toda posibilidad de cultivo económico, pero permite el pastoreo o extracción de madera, pero suelos muy pedregosos impiden todo uso económico, inclusive el ganadero y producción forestal, constituyendo más bien tierras de protección (Yumpu, 2013).



**Figura 21.** Suelos sin piedras en la superficie

**Ubicación:**  
En el sector San José



**Figura 22.** Suelos con piedras en la superficie

**Ubicación:**  
En el caserío de Ichocán

En la Figura 21, en el sector San José, parte baja del tajo San José de minera Yanacocha, se puede apreciar que los suelos no tienen piedras en la superficie, estando más bien cubiertos por pastos naturales altoandinos; en cambio en la Figura 22, en el caserío Ichocán, se puede apreciar que los suelos presentan alto porcentaje de pedregosidad superficial, impidiendo el buen desarrollo de vegetación natural o instalación de cultivos.

#### 4.5.8. Erosión hídrica.

Viene a ser el proceso de desgaste, desprendimiento y transporte acelerado de las partículas del suelo, ocasionado por acción del agua. La erosión de los suelos reduce su fertilidad porque provoca la pérdida de minerales y materia orgánica, por lo tanto, la erosión está directamente relacionada con la fertilidad de los suelos, por lo tanto, la erosión hídrica, es un parámetro que siempre debe ser evaluado en los estudios de suelos a través de los diferentes sistemas de clasificación como son tanto la capacidad de uso potencial, así como la capacidad de uso mayor (Michelena, s.f.).



**Figura 23.** Suelos con erosión nula

**Ubicación:**

En el Centro Experimental Tartar, en el valle de Cajamarca



**Figura 24.** Suelos con erosión severa

**Ubicación:**

En el sector Lorito, comprensión del distrito de Jesús

En la Figura 23, en el centro experimental Tartar, en el valle de Cajamarca, se puede apreciar que los suelos no tienen problemas de erosión, por ser suelos planos con buena cobertura vegetal; en cambio en la Figura 24, en el sector Lorito, comprensión del distrito de Jesús, se puede apreciar que los suelos presentan una erosión severa, por estar ocupando pendientes empinadas a muy empinadas, inclusive se observa afloramientos rocosos.

#### 4.5.9. Fragmentos rocosos.

Se refiere a la presencia de fragmentos gruesos como gravas, guijarros y piedras en el perfil del suelo, cuyos diámetros oscilan de 2 mm a 60 cm. Su evaluación en los estudios de suelos es muy importante, porque está directamente relacionado con el crecimiento y desarrollo de las raíces de las plantas; por lo tanto, suelos muy gravosos, guijarrosos y pedregosos en el perfil limitan el buen crecimiento de las raíces de los cultivos, pastos y especies forestales. Por lo tanto, los fragmentos rocosos es un parámetro edáfico que debe ser evaluado en ambos sistemas de clasificación, tanto en la capacidad de uso potencial, así como en la capacidad de uso mayor (Fernández, 1999).



**Figura 25.** Suelo con fragmentos gruesos

**Ubicación:**  
En caserío Candopampa



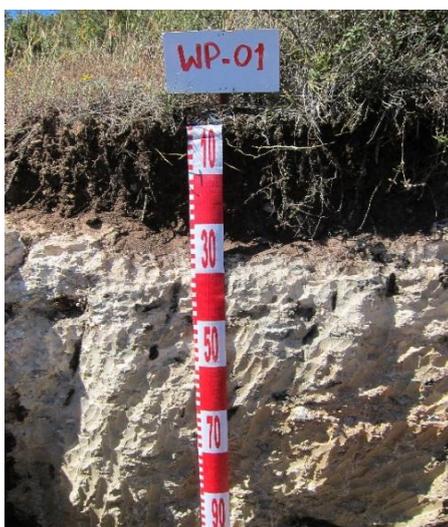
**Figura 26.** Suelo sin fragmentos gruesos

**Ubicación:**  
En el sector La Shacsha

En la Figura 25, en el caserío Candopampa, calicata WP-168 del presente estudio, se puede observar presencia de piedras, gravas y gravillas de areniscas en el perfil, lo cual afecta el crecimiento y desarrollo de raíces de las especies vegetales, en cambio en la Figura 26 del perfil WP-155, se observa un suelo bien desarrollado con un perfil Ah/Bw/C/R, con suelos sin fragmentos gruesos en el perfil que limiten el desarrollo de raíces.

#### 4.5.10. Capas duras.

Se refiere a la presencia de capas duras o densas que limitan la profundidad efectiva del suelo, como por ejemplo la presencia de una costra calcárea u horizonte petrocálcico enriquecido en carbonato de calcio y que es muy común en los suelos calcáreos de la cuenca del Río Cajamarca, pero también puede existir la presencia de fragipán, que es una capa de tierra densa y muy poco permeable a las raíces de las plantas; contacto petroférico, que es una capa dura enriquecida en óxidos de hierro y manganeso; y duripán que es una capa dura cementada por sílice (Groasis, s.f.).



**Figura 27.** Costra calcárea en el perfil

**Ubicación:**  
En el caserío San José de Palturo



**Figura 28.** Contacto petroférico

**Ubicación:**  
En el sector El Cumbe

En la Figura 27, en el caserío San José de Palturo, calicata WP-110 del presente estudio, se puede observar la presencia de una costra calcárea a 20 cm de profundidad, lo cual limita la profundidad efectiva e impide el crecimiento y desarrollo de raíces de las especies vegetales; así mismo, en la Figura 28, en el caserío El Cumbe, calicata WP-205 del presente estudio, se observa una capa

de contacto petroféricos a 22 cm de profundidad, constituido por nódulos de hierro y manganeso que limiten el desarrollo de raíces.

#### 4.5.11. Clima.

Está determinado en función a las zonas de vida natural del mapa ecológico del Perú de L. Holdridge, cuyos parámetros más importantes en cada una de las zonas de vida, son la temperatura y la precipitación, las cuales son determinantes en la instalación de cultivos, pastos y plantaciones forestales. Por lo tanto, su evaluación en los estudios de suelos es muy importante y debe ser considerado en la leyenda cartográfica tanto de la capacidad de uso potencial, así como de la capacidad de uso mayor (MINAGRI, 1995).

#### 4.5.12. Fertilidad del suelo.

Relaciona el contenido de macronutrientes como la materia orgánica (nitrógeno), fósforo y potasio de la capa superficial del suelo, hasta los 30 cm de espesor. Su valor alto, medio o bajo se determina aplicándose la ley del mínimo, lo cual quiere decir que es definida por el parámetro que presenta el menor valor (MINAGRI, 2015a)



**Figura 29.** Suelos con alta fertilidad

**Ubicación:**

En el sector de Otuzco en el valle de Cajamarca



**Figura 30.** Suelos con baja fertilidad

**Ubicación:**

En el sector El Llimbe distrito de Jesús

En la Figura 29, se puede apreciar que los suelos son productivos, debido a su alta fertilidad, los cuales, de acuerdo a los análisis de suelos, del perfil WP-96 presentan niveles altos de materia orgánica (MO: 4.59%), niveles medios de fósforo disponible (P: 10.0 ppm) y niveles altos de potasio disponible (K: 506 ppm). En cambio, en la Figura 30, se puede apreciar una baja fertilidad de los suelos, los cuales de acuerdo al análisis de suelos del perfil WP-117 presentan niveles bajos de materia orgánica (MO: 0,98%), niveles altos de fósforo disponible (P: 16.9 ppm) y niveles bajos de potasio disponible (K: 100 ppm).

#### **4.6. Parámetros edáficos considerados para compatibilizar los sistemas de capacidad de uso potencial y capacidad de uso mayor.**

Después del análisis de las leyendas cartográficas utilizadas en los dos sistemas de clasificación y sobre todo considerando las características físicas y análisis químicos de los suelos de las calicatas leídas en la cuenca del río Cajamarca, se propone una leyenda cartográfica que sea compatible a ambos sistemas de clasificación, constituida por los parámetros edáficos que se consideran deber estar en ambos sistemas, tanto en la Capacidad de Uso Potencial así como en la Clasificación de Tierras por Capacidad de Uso Mayor en la cuenca del río Cajamarca, pero para el pH o reacción del suelo se ha realizado algunos ajustes en los rangos.

Para lo cual, de la leyenda cartográfica de la capacidad de uso potencial se ha considerado los parámetros edáficos material parental, textura (30 cm superiores), drenaje, pendiente, pedregosidad superficial y capas duras; de la guía de clasificación de parámetros edáficos de la capacidad de uso mayor se ha

considerado los parámetros edáficos reacción o pH, profundidad efectiva, fragmentos rocosos, erosión hídrica, clima y fertilidad.

Para el caso del pH o reacción del suelo, no se ha considerado el nivel ultra ácido (pH menor de 3.5), porque de acuerdo a los análisis químicos de suelos de las calicatas leídas en la cuenca del río Cajamarca, no existe suelos con estos pH.

La propuesta de escala de valores que define y cuantifica los parámetros edáficos de los dos sistemas es la siguiente:

#### 4.6.1. Material parental

Para el caso del material parental se ha considerado de la leyenda de la capacidad de uso potencial de los suelos, teniendo en cuenta que en la cuenca del río Cajamarca, existen suelos que derivan de cada uno de estos materiales parentales con sus características propias.

**Tabla 47.** *Material parental*

<b>Categoría</b>	<b>Tipo de material</b>	<b>Símbolo</b>
Rocas coherentes, duras o meteorizadas	- Calizas en general	Ca
	- Areniscas y/o cuarcitas	Ar
	- Lutitas, pizarras y/o limolitas	Lu
	- Tufos volcánicos	Tu
	- Otro material volcánico	Vo
Material detrítico de diferente origen	- De origen aluvial	Al
	- De origen fluvio glaciario, glaciario, aluvio- coluvial o coluvial	
	- a carácter fino	Di
	- a carácter grueso	Do

*Nota:* Se encierra dos símbolos entre paréntesis en el caso de materiales complejos

**Fuente:** Landa et al., 1978

Poma, 2018. Elaboración propia

#### 4.6.2. Textura

La textura se ha considerado de la leyenda cartográfica de la capacidad de uso potencial de los suelos, con los mismos rangos de este sistema.

**Tabla 48. Textura**

<b>Símbolo</b>	<b>Denominación</b>	<b>Clases texturales</b>
l	Ligera	Arena, Arena franca y Franco arenoso
m	Media	Franco, Franco limoso, Limoso, Franco arcillo arenoso y Franco arcillo limoso
p	Pesada	Franco arcilloso, Arcillo limoso, Arcillo arenoso y Arcilloso

**Fuente:** Landa et al., 1978  
Poma, 2018. Elaboración propia

#### 4.6.3. Drenaje

El drenaje se ha considerado de la leyenda cartográfica del sistema de clasificación Capacidad de uso potencial, con los mismos niveles, como se muestra en la Tabla 49.

**Tabla 49. Drenaje**

<b>Símbolo</b>	<b>Clase de Drenaje</b>	<b>Descripción</b>
a	Excesivo	Asociado generalmente a texturas gruesas y/o poca profundidad. El perfil no muestra moteados
e	Bueno	Asociado generalmente a texturas medias, el perfil no muestra moteados o pocos en su base
i	Imperfecto	Asociado generalmente a texturas medias o pesadas, abundantes moteados en el perfil
o	Pobre	Moteados abundantes en el perfil, presencia de un horizonte de gley, asociado a una napa permanente o fluctuante
u	Nulo o anegado	El horizonte de gley aparece en los 30 cm superiores del perfil, condiciones de anegamiento.

**Fuente:** Landa et al., 1978  
Poma, 2018. Elaboración propia

#### 4.6.4. Reacción o pH

La Reacción o pH, se ha considerado de la guía de clasificación de parámetros edáficos de la capacidad de uso mayor, pero haciendo algunas precisiones en los rangos, Tabla 50.

**Tabla 50.** *Reacción*

<b>Rango de pH</b>	<b>Clases de pH</b>
< 4,4	Extremadamente ácido
4,5 – 5,0	Muy fuertemente ácido
5,1 – 5,5	Fuertemente ácido
5,6 – 6,0	Moderadamente ácido
6,1 – 6,5	Ligeramente ácido
6,6 – 7,3	Neutro
7,4 – 7,8	Ligeramente alcalino
7,9 – 8,4	Moderadamente alcalino
8,5 – 9,0	Fuertemente alcalino

**Fuente:** Poma, 2018. Elaboración propia

#### 4.6.5. Pendiente

La pendiente se ha considerado de la leyenda cartográfica del sistema de clasificación capacidad de uso potencial, como se muestra en la Tabla 51.

**Tabla 51.** *Pendiente*

<b>Símbolo</b>	<b>Rango (%)</b>	<b>Clase de pendiente</b>
1	0 - 4	Nula o casi a nivel
2	5 – 12	Ligeramente inclinada
3	13 – 25	Moderadamente empinada
4	26 – 50	Empinada
5	51 – 70	Muy empinada
6	Mayor a 70	Extremadamente empinada

**Fuente:** Landa et al., 1978

Poma, 2018. Elaboración propia

#### 4.6.6. Profundidad efectiva

La profundidad efectiva, se ha considerado de la guía de clasificación de parámetros edáficos de la capacidad de uso mayor, con los mismos niveles, como se muestra en la Tabla 52.

**Tabla 52. Profundidad efectiva**

Rango en cm	Clases de Profundidad
Menos de 25	Muy superficiales
25 - 50	Superficiales
50 – 100	Moderadamente profundos
100 – 150	Profundos
Mayor a 150	Muy profundos

**Fuente:** Reglamento de Clasificación de Tierras por Capacidad de Uso Mayor D.S. N° 017-2009-AG

#### 4.6.7. Pedregosidad superficial

La Pedregosidad superficial se ha considerado de la leyenda cartográfica de la capacidad de uso potencial, como se muestra en la Tabla 53.

**Tabla 53. Pedregosidad superficial**

Símbolo	Clase	Descripción
0	Libre a ligeramente pedregoso	Las piedras cubren entre 0,01 – 0,1% de la superficie. Las piedras se encuentran a distancias mayores a 20 m.
1	Moderadamente pedregoso	Las piedras cubren entre 0,1 – 3% de la superficie. Las piedras se distancian entre 3 y 20 m.
2	Pedregoso	Las piedras cubren entre 3 – 15% de la superficie. Las piedras se distancian entre 1 y 3 m.
3	Muy pedregoso	Las piedras cubren entre 15 – 50% de la superficie. Las piedras se distancian entre 0,5 y 1 m.
4	Extremadamente pedregoso	Las piedras cubren entre 50 – 90% de la superficie. Las piedras se distancian a menos de 0,5 m.
5	Superficie pavimentada	Las piedras cubren más del 90% de la superficie.

**Fuente:** Landa et al., 1978  
Poma, 2018. Elaboración propia

#### 4.6.8. Erosión hídrica

La erosión hídrica, se ha considerado de la guía de clasificación de parámetros edáficos de la capacidad de uso mayor, con los mismos niveles, como se muestra en la Tabla 54.

**Tabla 54.** *Erosión hídrica*

<b>Clase de erosión</b>	<b>Descripción</b>
Muy ligera	Se observa síntomas de erosión difusa que se caracteriza por una remoción y arrastre imperceptible de partículas de suelo
Ligera	Se observa síntomas de erosión laminar, caracterizado por la remoción y arrastre laminar y presencia de canalículos.
Moderada	Se observa síntomas de erosión a través de la existencia de regular cantidad de surcos.
Severa	Presencia abundante de surcos y cárcavas no corregibles por las labores de suelo
Extrema	Suelos prácticamente destruidos. Presencia de muchas cárcavas.

**Fuente:** Reglamento de Clasificación de Tierras por Capacidad de Uso Mayor D.S. N° 017-2009-AG

#### 4.6.9. Fragmentos rocosos

Los fragmentos rocosos, se ha considerado de la guía de clasificación de parámetros edáficos de la capacidad de uso mayor, con los mismos niveles, como se muestra en la Tabla 55.

**Tabla 55.** *Fragmentos rocosos*

<b>Capacidad de Uso Mayor</b>		
<b>Símbolo</b>	<b>Clase</b>	<b>Descripción</b>
0	Libre a ligeramente gravoso (guijarroso o pedregoso)	Contiene menos del 15% de fragmentos rocosos por volumen de suelo
1	Gravoso (guijarroso o pedregoso)	Contiene de 15 a 35% de fragmentos rocosos por volumen de suelo
2	Muy gravoso (guijarroso o pedregoso)	Contiene de 35 a 60% de fragmentos rocosos por volumen de suelo
3	Extremadamente gravoso (guijarroso o pedregoso)	Contiene más de 60% de fragmentos rocosos por volumen de suelo

**Fuente:** Reglamento de Clasificación de Tierras por Capacidad de Uso Mayor D.S. N° 017-2009-AG Poma, 2018. Elaboración propia

#### 4.6.10. Capas duras

Las capas duras, se ha considerado de la leyenda cartográfica de la capacidad de uso potencial, como se muestra en la Tabla 56.

**Tabla 56.** *Capas duras*

<b>Símbolo</b>	<b>Tipo de Capas duras</b>
c	Costra calcárea u horizonte petrocálcico. Capa dura enriquecida en CaCO <sub>3</sub>
x	Fragipán. Capa de tierra densa y muy poco permeable a las raíces
f	Contacto petroférico. Capa dura enriquecida en óxidos de hierro y manganeso
d	Duripán. Capa dura cementada por sílice

**Nota:** Se anotan mayúsculas en el caso de que estos contactos no sean continuos en una unidad

**Fuente:** Landa et al., 1978

Poma, 2018. Elaboración propia

#### 4.6.11. Clima

El clima, se ha considerado de la guía de clasificación de parámetros edáficos de la capacidad de uso mayor, como se muestra en la Tabla 57.

**Tabla 57. Clima**

Clave	Zona de vida	Tipos climáticos
1	d-T, d-S, d-Tc, d-PT, d-PS, d-PTc, d-MBT y d-MBS	Árido - cálido
2	md-T, md-S, md-Tc, md-PT, md-MBT, md-MBS, md-MBTc, mte-T, mte-S, mte-PT y md-MTc	Árido – templado cálido Semiárido – templado cálido
3	d-MT, d-MS, d-MTc, md-MT, md-MS	Árido – templado cálido
4	ee-MBT, ee-MBS	Semiárido – templado cálido
5	e-MT, e-MS	Semiárido – semifrío
6	ph-SaT, ph-SaS, pmh-SaT, pmh-SaS, pp-SaT, pp-SaS, pps-SaS	Húmedo - semifrío
7	tp-AT, tp-AS, tmh-AS, th-ATc, md-SaT, md-SaS, md-SaTc	Húmedo - frío
8	bms-T, bs-PT, bs-S	Subhúmedo - cálido
9	bs-MBT, bs-MBS	Subhúmedo - templado
10	bh-MT, bh-MS	Húmedo - semifrío
11	bs-T, bh-PT, bh-S	Subhúmedo - cálido
12	bh-MBT, bh-MBS	Húmedo - templado
13	bmh-MT, bmh-MS	Húmedo - semifrío
14	bh-T, bmh-PT, bmh-S, bmh-MBT, bmh-MBS	Muy húmedo cálido
15	bmh-T, bp-PT, bp-S	Muy húmedo cálido

**Fuente:** Reglamento de Clasificación de Tierras por Capacidad de Uso Mayor D.S. N° 017-2009-AG Poma, 2018. Elaboración propia

#### 4.6.12. Fertilidad del suelo

La fertilidad del suelo, se ha considerado de la guía de clasificación de parámetros edáficos de la capacidad de uso mayor, como se muestra en la Tabla 58.

**Tabla 58.** *Fertilidad del suelo*

<b>Parámetros que definen la fertilidad del suelo</b>			
<b>Nivel</b>	<b>Materia orgánica (%)</b>	<b>Fósforo disponible (ppm)</b>	<b>Potasio disponible (ppm)</b>
Bajo	Menor de 2	Menor de 7	Menor de 100
Medio	2 - 4	7 - 14	100 – 240
Alto	Mayor de 4	Mayor de 14	Mayor de 240

**Fuente:** Reglamento de Clasificación de Tierras por Capacidad de Uso Mayor D.S. N° 017-2009-AG Poma, 2018. Elaboración propia

Usando la leyenda cartográfica propuesta en el estudio de los suelos de la cuenca del río Cajamarca, tanto para la clasificación de tierras por capacidad uso mayor, así como para la capacidad de uso potencial de los suelos se han elaborado los mapas de capacidad de uso mayor y capacidad uso potencial en los suelos de la cuenca del río Cajamarca, que se muestra en las Figuras 31 y 32, a partir de los cuales se a elaborado el mapa compatibilizado de uso mayor y uso potencial de los suelos de la cuenca del rio Cajamarca (Figura 33).

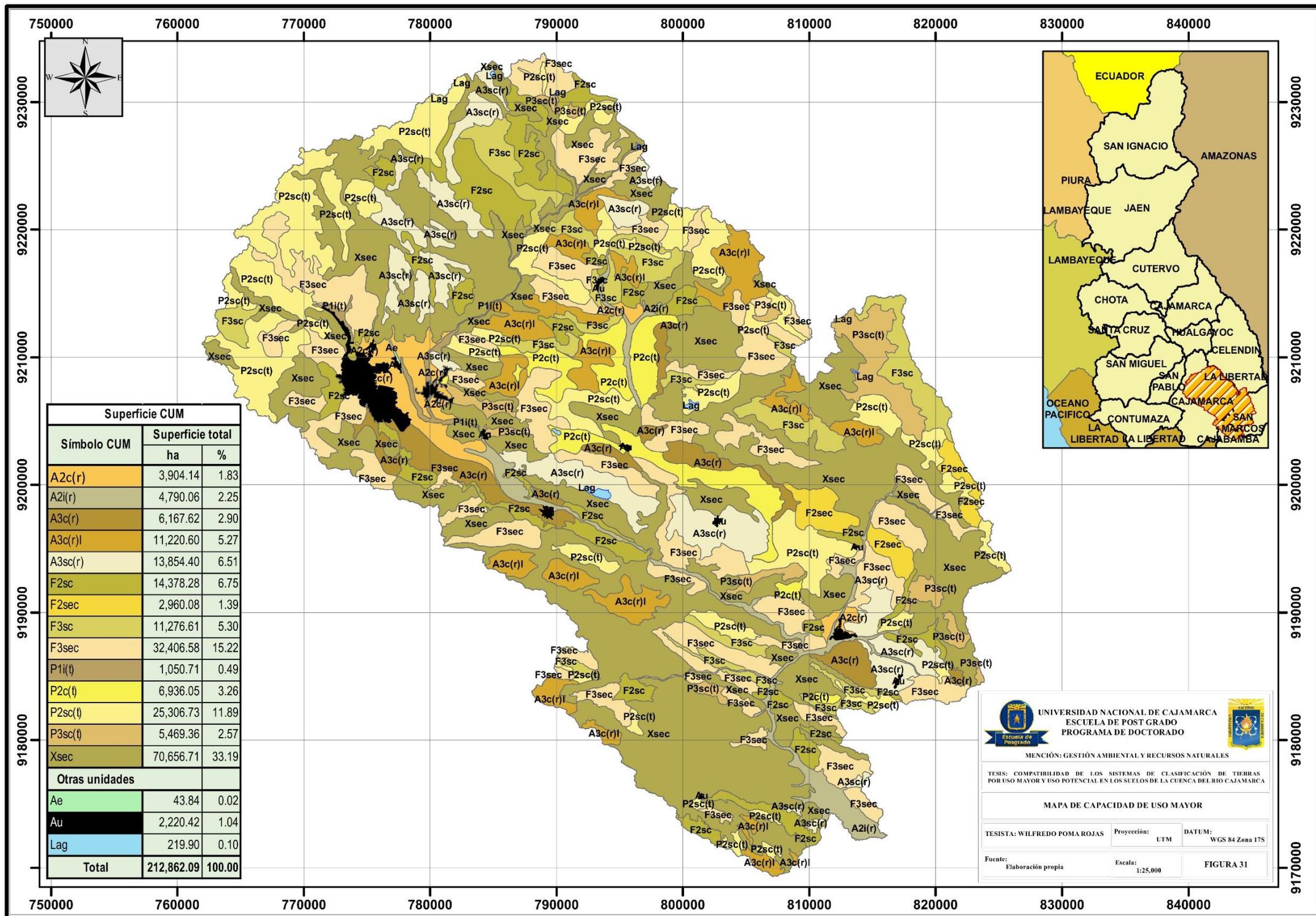


Figura 31. Mapa de Capacidad de Uso Mayor de los suelos de la cuenca del río Cajamarca

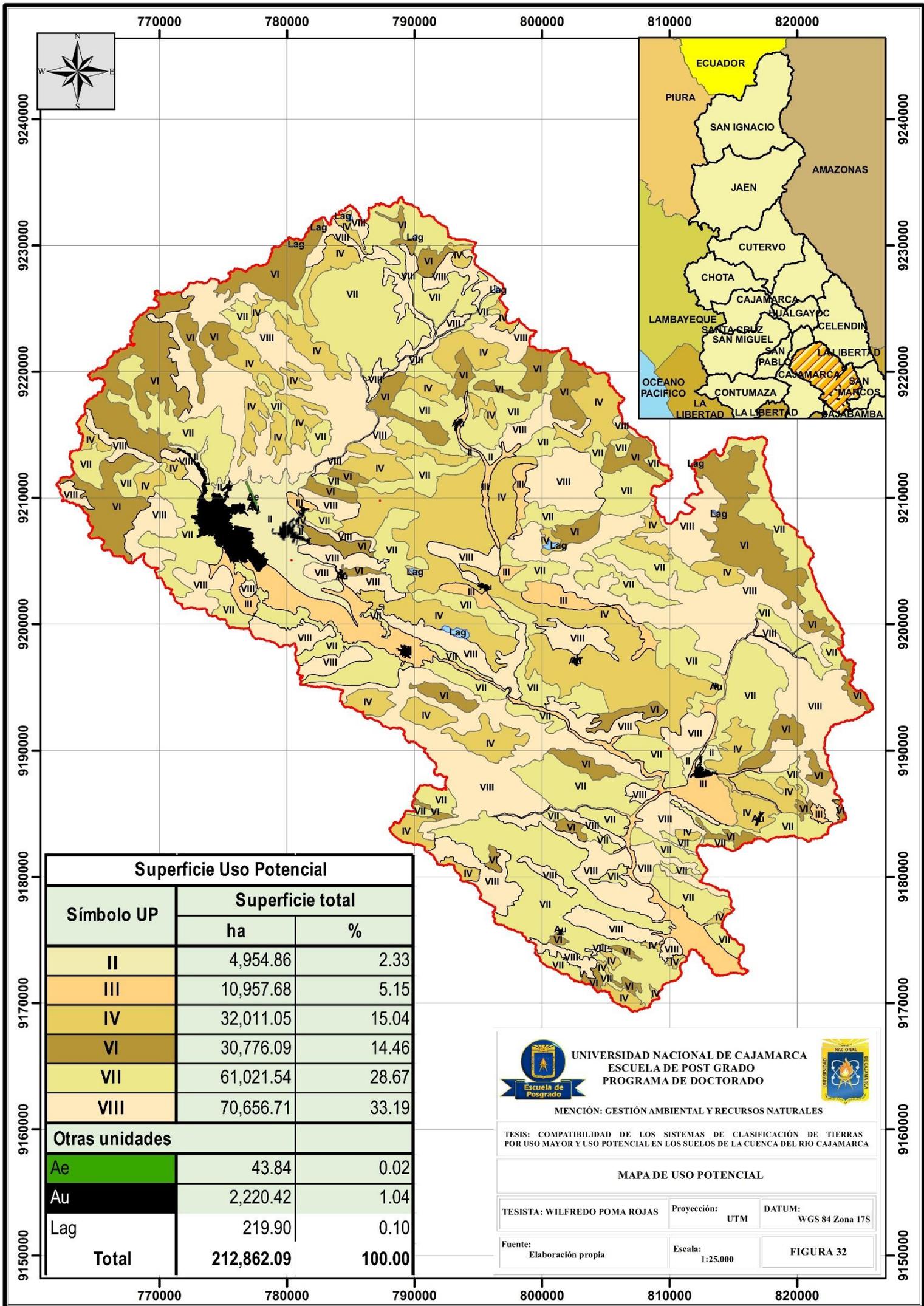


Figura 32. Mapa de Capacidad de Uso Potencial de suelos de la cuenca del río Cajamarca

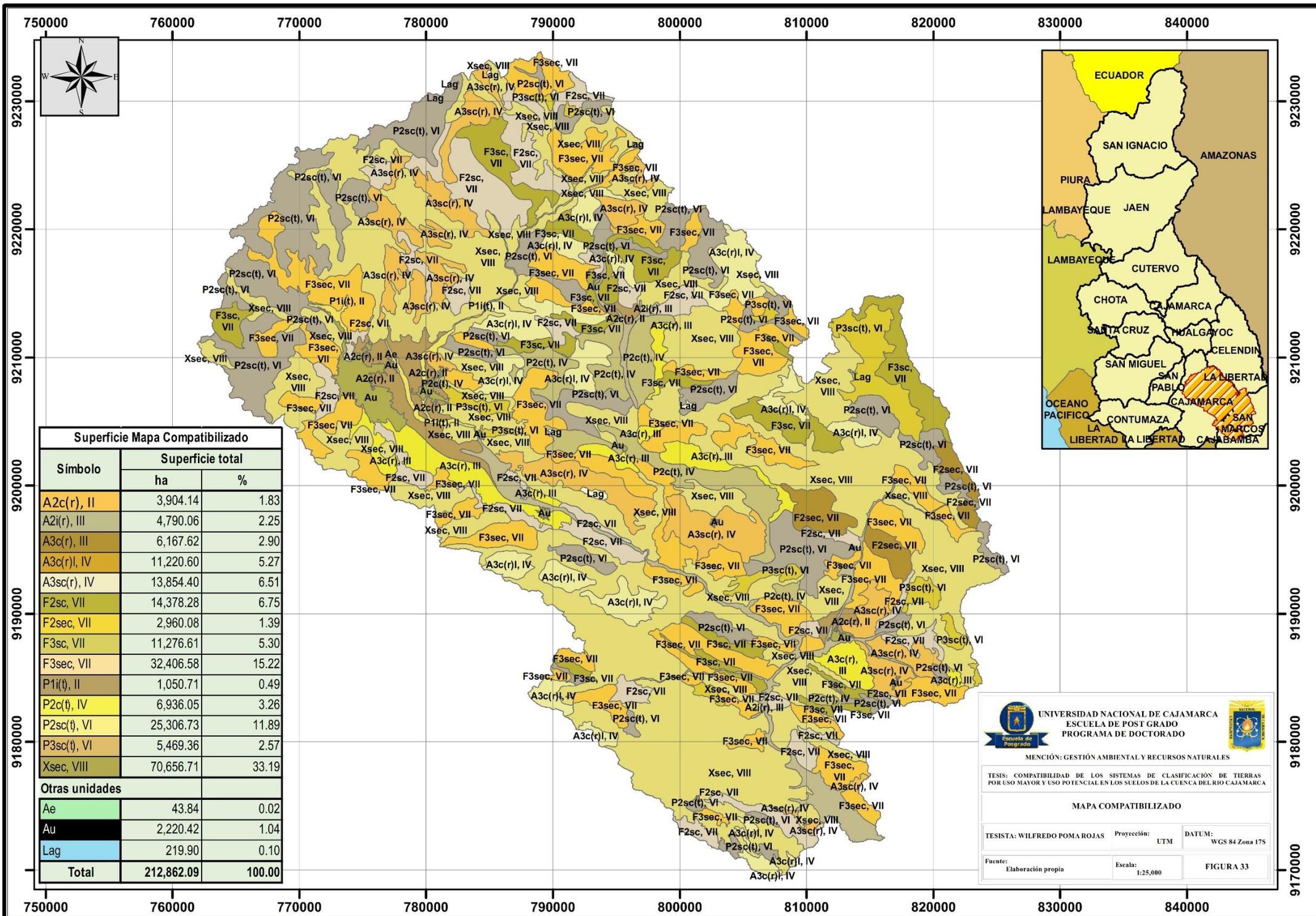


Figura 33. Mapa Compatibilizado de suelos de la cuenca del río Cajamarca

De acuerdo a los mapas compatibilizados de capacidad de uso mayor con la capacidad de uso potencial y usando los análisis de suelos de las muestras de suelos de las calicatas leídas, tenemos la siguiente interpretación:

Tierras aptas para cultivos en limpio, compatible con las clases I, II y III, y IV de capacidad de uso potencial, con un área total de 39,936.82 ha que equivale al 18.76 % del área de estudio, de donde se analizaron los perfiles 10, 16, 27, 31, 36, 115, 124 y 202; químicamente estos suelos, tienen un pH fuertemente ácido a moderadamente alcalino (pH: 5.27 – 8.4); nivel bajo a alto de materia orgánica (MO: 1.16 – 7.93 %); nivel bajo a alto de nitrógeno total (N: 0.10 – 0.20%); nivel bajo a alto de fósforo disponible (P: 4.5 – 18.0 ppm); nivel bajo a medio de potasio disponible (K: 55 - 180 ppm); libre a muy ligeramente afectados por sales y sodio (CE: 0.07 – 0.97 dS/m); sin carbonatos a niveles altos de carbonatos ( $\text{CaCO}_3$  : 0.00 – 16.25 %); nivel medio a alto en Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC: 13.27 – 32.0 mEq/100g) y saturación de bases alta (SB: 59 - 99%). Todas estas condiciones determinan que la fertilidad natural de estos suelos sea baja.

Tierras aptas para pastos, compatible con las clases V y VI de capacidad de uso potencial, con un área total de 61,021.55 ha que equivale al 28.66 % del área de estudio, en donde se analizaron los perfiles 4, 19, 23, 30, 99, 125, 140, 153 y 161; químicamente estos suelos, tienen un pH extremadamente ácido a moderadamente alcalino (pH: 4.32 – 8.10); nivel bajo a alto de materia orgánica (MO: 0.347 – 15.02 %); nivel bajo a alto de nitrógeno total (N: 0.04 – 0.68%); nivel bajo a alto de fósforo disponible (P: 4.57 – 34.0 ppm); nivel bajo a alto de potasio disponible (K: 59 - 521 ppm); libre a muy ligeramente afectados por sales y sodio (CE: 0.03 – 0.39 dS/m); nivel bajo a alto de carbonatos ( $\text{CaCO}_3$  : 0.00 – 9.50 %); nivel bajo a alto en Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC:

8.0 – 66.4 mEq/100g) y saturación de bases baja a alta (SB: 19.6 – 99.9%). Todas estas condiciones determinan que la fertilidad natural de estos suelos sea baja.

Tierras aptas para producción forestal, compatible con la clase VII, y eventualmente la clase VI de capacidad de uso potencial, con un área total de 38,762.85 ha que equivale al 18.21 % del área de estudio, en donde se analizaron los perfiles 1, 6, 14, 41, 42, 61, 62, 94, 112, 128, 134, 136, 143, 154, 170, 171 y 184; químicamente estos suelos, tienen un pH extremadamente ácido a ligeramente alcalino (pH: 4.0 – 7.6); nivel bajo a alto de materia orgánica (MO: 1.22 – 8.05 %); nivel bajo a alto de nitrógeno total (N: 0.06 – 0.25%); nivel bajo a medio de fósforo disponible (P: 1.0 – 10.0 ppm); nivel bajo a medio de potasio disponible (K: 29 - 230 ppm); libre a muy ligeramente afectados por sales y sodio (CE: 0.05 – 0.18 dS/m); sin carbonatos a niveles bajos de carbonatos (CaCO<sub>3</sub> : 0.00 – 0.85 %); nivel muy bajo a alto en Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC: 5.0 – 36.0 mEq/100g) y saturación de bases baja a alta (SB: 3.65 – 87.5%). Todas estas condiciones determinan que la fertilidad natural de estos suelos sea baja.

Tierras de protección, compatible con las clase VIII de capacidad de uso potencial, con un área total de 70,656.71 ha que equivale al 33.19 % del área de estudio, en donde se analizaron los perfiles 25, 70, 78, 144, 146, 167, 173, 177, 195 y 208; químicamente estos suelos, tienen un pH muy fuertemente ácido a moderadamente alcalino (pH: 4.49 – 8.21); nivel bajo a medio de materia orgánica (MO: 1.55 – 3.68 %); nivel bajo a medio de nitrógeno total (N: 0.07 – 0.20%); nivel bajo a alto de fósforo disponible (P: 4.0 – 20.8 ppm); nivel bajo a medio de potasio disponible (K: 85 - 223 ppm); libre a muy ligeramente afectados por sales y sodio (CE: 0.06 – 0.51 dS/m); sin carbonatos a nivel alto de carbonatos (CaCO<sub>3</sub> : 0.00 – 7.85 %); nivel bajo a alto en Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC: 12.0 – 24.0 mEq/100g) y saturación de bases baja a alta (SB: 6.50 –

100.00%). Todas estas condiciones determinan que la fertilidad natural de estos suelos sea baja.

### **Leyenda Cartográfica Propuesta:**

$$\frac{M t d r c f}{p pr pe e fr (c)}$$

En donde:

*M*: Material parental del suelo

*p*: clase de pendiente

*t*: textura en superficie (30 cm)

*pr*: clase de profundidad efectiva

*d*: drenaje interno

*pe*: clase de pedregosidad superficial

*r*: reacción o pH (20 cm

*e*: clase de erosión

superficiales)

*fr*: clase de fragmentos rocosos

*c*: clima

*(c)*: presencia de una capa dura o

*f*: fertilidad del suelo

densa

Esta fórmula propuesta, además de servir para las clasificaciones de capacidad de uso mayor y capacidad de uso potencial, serviría también para las clasificaciones internacionales Soil Taxonomy y FAO.

A la Dirección General de Asuntos Ambientales Agrarios del Ministerio de Agricultura y Riego, acoja esta propuesta y sea sometida a consideración de expertos en clasificación de suelos, para que sea considerada como una alternativa de clasificación nacional adecuada a nuestra realidad.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES

1. Los parámetros edáficos que se deben considerar para ambas clasificaciones serían los siguientes: El material parental, la textura, el drenaje interno, la pendiente, la pedregosidad superficial y las capas duras, deben ser consideradas de acuerdo a la leyenda cartográfica de la capacidad de uso potencial; en cambio, la reacción o pH, la profundidad efectiva, los fragmentos rocosos, la erosión hídrica, el clima y la fertilidad, deben ser consideradas de acuerdo a la guía de calificación de los parámetros edáficos de la capacidad de uso mayor. Para el caso del pH o reacción del suelo se debería hacer alguna ligera precisión en los rangos de este parámetro edáfico.
2. Los parámetros que revisten de mayor importancia para la compatibilidad de los sistemas de clasificación de tierras para uso mayor y capacidad de uso potencial en los suelos de la cuenca del río Cajamarca son: Material parental, textura, drenaje interno, reacción o pH, clima, fertilidad, pendiente, profundidad efectiva, pedregosidad superficial, erosión, fragmentos rocosos y capas duras.
3. La leyenda cartográfica propuesta que reflejan la compatibilidad para ambos sistemas de clasificación es:

$$\frac{M t d r c f}{p p r p e e f r (c)}$$

## CAPÍTULO VI

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agromática. (2013). *Textura del suelo*. Recuperado el 12 de Enero de 2018, de <https://www.agromatica.es/textura-del-suelo/>
- Alcántara, G. (2010). *Geomorfología. Departamento de Cajamarca*. Recuperado el 13 de Enero de 2018, de <http://zeeot.regioncajamarca.gob.pe/sites/default/files/GEOMORFOLOGIA.pdf>
- Alcántara, G. (2011). *Geomorfología. Departamento de Cajamarca*. Recuperado el 13 de Enero de 2018, de <http://zeeot.regioncajamarca.gob.pe/sites/default/files/GEOMORFOLOGIA.pdf>
- Ausenco. (2013). *Estudio del impacto ambiental del proyecto tratamiento de relaves de la unidad minera San Rafael*. Puno.
- Autoridad del canal de Panamá. (2003). *Recopilación y Presentación de Datos Socioeconómicos de la Región Occidental de la Cuenca del Canal de Panamá*. Panamá: URS-D&M/IRG/GEA. Recuperado el 15 de Noviembre de 2018, de <https://micanaldepanama.com/wp-content/uploads/2012/06/socio-economico/4-2.pdf>
- Cornejo, H., Riva, R. (1992). *Estudio de suelos y Capacidad de Uso Mayor de las Tierras Zona Tamshiyacu – Indiana*. Instituto de Investigación de la Amazonía Peruana. Iquitos, Perú.
- Corporacion Autonoma Regional del Valle del Cauca (CVC). (2000). *Usos del Suelo*. Recuperado el 21 de Agosto de 2018, de <http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/4599/1/HuertasUrregoErickJefrey2016.pdf>

- Definición de Compatibilidad. (20 de Enero de 2019). Recuperado el 10 de Febrero de 2019, de <https://conceptodefinicion.de/compatibilidad/>
- Díaz, J., & Poma, W. (2008). *Estudio de Suelos y Uso Actual de la Tierra de las Cuencas Chonta y Mashcón*. Cajamarca, Perú.: NIPPON KOEI LAC. LTD.
- Díaz, J., & Poma, W. (2009). *Estudio de Suelos y Uso Actual de la Tierra de las Áreas ubicadas en la zona de Influencia del proyecto Presa Río Chonta*. Cajamarca, Perú.: Consorcio Salzgitter - SISA, 314.
- Dirección General de Caminos y Ferrocarriles (DGCF). (2017). *Mapa Vial Cajamarca*. Recuperado el 10 de Enero de 2019, de [https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas\\_carreteras/Mapas%20Departamentales/06-CAJAMARCA.pdf](https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/Mapas%20Departamentales/06-CAJAMARCA.pdf)
- Donahue, R., Miller, R., & Shickluna, J. (1981). *Introducción a los suelos y al crecimiento de las plantas*. Prentice Internacional.
- Durán, L. (2011). *Drenaje del Suelo*. Recuperado el 22 de Abril de 2018, de <https://www.pisos.com/aldia/drenaje-del-suelo/221956/>
- Escobedo, J. (1974). *Los Suelos de la Cuenca del Río Condebamba*. Ministerio de Agricultura – Cooperación Técnica Belga. Cajamarca – Perú.
- Fernández, M. (1999). Edafología. Influencia de los fragmentos gruesos en algunas propiedades físicas y químicas del suelo: antecedentes y estado actual del tema. *Sociedad Española de la Ciencia del Suelo*, 95-107.
- Gobierno de la República de Panamá. (1978). *Estudio Realizado por La Unidad Técnica del Proyecto Panamá - Darien. Programa de Desarrollo Regional*. Recuperado el 15 de Octubre de 2018, de <http://www.oas.org/dsd/publications/unit/oea30s/ch028.htm>

- Golder Associates. (2007). *Estudio de Línea Base Suelos y Capacidad de Uso Mayor del Proyecto Fosfatos de Bayobar – Piura*. Piura, Perú: Compañía minera Miski Mayo S.A.C.
- Groasis. (s.f.). *Explicación sobre las capas duras del suelo*. Recuperado el 2 de Diciembre de 2018, de <https://www.groasis.com/es/restauracion/explicacion-sobre-las-capas-duras-del-suelo>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (1999a). *Uso Potencial del Suelo. Metodología*. Recuperado el 15 de Agosto de 2017, de <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/reclat/usopsuelo/metodologia.aspx>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (1999b). *Contenido*. Recuperado el 25 de noviembre de 2017, de <http://www.inwgi.org.mx/geo/contenidos/reclat/usopsuelo/>
- Instituto Nacional de Recursos Naturales (INRENA). (1994). *Evaluación de Recursos Naturales del Proyecto Especial Jaén, San Ignacio – Bagua*. Lima, Perú.
- INTAGRI. (2017). Clasificación del Suelo: WRB y Soil Taxonomy. Serie suelos. *Artículos Técnicos de INTAGRI*(28), 5. Recuperado el 10 de enero de 2019, de <https://www.intagri.com/articulos/suelos/clasificacion-del-suelo-WRB-y-soil-taxonomy>
- Jiménez, M. (1998). *Estudio de Suelos del Distrito de la Asunción. Asociación para el Desarrollo Rural de Cajamarca - ASPADERUC, Consorcio para el Desarrollo Sostenible de la Eco-región Andina – CONDESAN y Municipalidad del distrito de La Asunción*. Cajamarca, Perú.
- Klingebiel, & Montgomery. (1966). *Manual de levantamiento de suelos*. Caracas: USDA.

- Landa, C., Van Hoff, C., Poma, W., & Mestanza, J. (1978). *Los suelos de la cuenca del Río Cajamarca. Programa de Desarrollo de Cajamarca. Proyecto Especial de Suelos. División de Suelos*. Cajamarca, Perú.
- Leighton, W. (. (1982). *Taxonomía de Suelos. Versión abreviada en español del Soil Taxonomy*. Washington, USA: Soil Management Support Services Washington D.C.
- Martínez, C. (2004). *Seminario Permanente de Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente. Clasificación de los suelos*. Recuperado el 5 de Febrero de 2019, de <http://platea.pntic.mec.es/~cmarti3/CTMA/SUELO/clasif1.htm> Madrid
- Michelena, R. (s.f.). *Erosión Hídrica*. Recuperado el 10 de Enero de 2019, de <http://studylib.es/doc/4793952/erosi%C3%B3n-h%C3%ADdrica---agrolluvia.com>
- Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI). (1995). *Mapa Ecológico del Perú- Guia explicativa. Instituto Nacional de Recursos Naturales [INRENA]*. Recuperado el 23 de Enero de 2019, de <https://es.slideshare.net/bryanerj/gua-explicativa-del-mapa-ecolgico-del-per-1995>
- Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI). (2009). *Decreto Supremo N° 017-2009-AG Reglamento de Clasificación de Tierras por Capacidad de Uso Mayor*. Lima, Perú.
- Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI). (2015a). *Potencial de los Suelos*. Recuperado el 16 de Noviembre de 2017, de <http://minagri.gob.pe/portal/43-sector-agrario/suelo/331-potencial-de-los-suelos>
- Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI). (2015b). *Reglamento de Clasificación de Tierras por su Capacidad de Uso Mayor*. Recuperado el 9 de Enero de 2019, de

<http://www.minagri.gob.pe/portal/download/pdf/ais-2015/reglam-clasif-tierras.pdf>.

- Moreno, A., Valtierra, L., & Gúzman, M. (2010). *Edafología. Factores formadores del suelo; Material Parental*. ITESI. Recuperado el 26 de Enero de 2019, de <https://es.scribd.com/doc/37975885/Formacion-de-suelo-y-materiales-parentales>
- Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales (ONERN). (1972). *Inventario, evaluación y uso racional de los recursos naturales de la zona sur del departamento de Cajamarca*. Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales. Lima, Perú.
- Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales (ONERN). (1973). *Estudio de Suelos del Callejón de Huaylas*. Oficina Nacional de Evaluación de Recursos naturales ONERN y Comisión de Rehabilitación y Reconstrucción de la Zona Afectada CRYRSA. Lima, Perú.
- Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales (ONERN). (1977). *Inventario, evaluación y uso racional de los recursos naturales de la zona norte del departamento de Cajamarca*. Lima, Perú.
- Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales (ONERN). (1988). *Plan de Ordenamiento Ambiental de la cuenca del Río Jequetepeque para la protección del reservorio Gallito Ciego y del valle agrícola*. Lima, Perú.
- Pajares, G., Poma, W., & Vega, M. (1984). *Estudio Detallado de Suelos de 22 Arboreta en Cajamarca, Volumen II*. Ministerio de Agricultura. Corporación Técnica Belga. Cajamarca, Perú.
- Poma, W. (1989). *Estudio de Suelos del área del Proyecto Piloto de Ecosistemas Andinos*. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. Cajamarca, Perú.

- Poma, W. (2008). *Capacidad de Uso Mayor y Uso Actual de la Tierra del proyecto minero Quebrada Linga de Sociedad minera Cerro Verde S.A.A.* Arequipa, Perú.: Knight piésold Consultores S.A.
- Poma, W. (2009a). *Estudio de Suelos con fines de Zonificación Ecológica, Económica y Ordenamiento Territorial de la Región Cajamarca.* Gobierno Regional de Cajamarca. Cajamarca, Perú.
- Poma, W. (2011a). *Estudio de Línea Base Suelos y Uso Actual de la Tierra del proyecto Tubería de Captación de Agua Tres Tingos. Proyecto minero El Galeno.* Cajamarca, Perú.
- Poma, W. (2011b). *Estudio de Suelos con fines Agrológicos del Proyecto de Irrigación San Antonio de Huarango. Proyecto Especial Jaén, San Ignacio Bagua- PE-JSIB.* Cajamarca, Perú.
- Poma, W. (2013a). *Estudio de Suelos y Clasificación de Tierras por Capacidad de Uso Mayor para el Ordenamiento Territorial de la Provincia de Trujillo.* Geografía Territorial y Ambiental S.A.C. - GERTERRA. Libertad, Perú.
- Poma, W. (2013b). *Estudio de Suelos, Pisos Altitudinales, Zonas de Vida, Vegetación, Ecosistemas Agrícolas y Clasificación de Tierras por Capacidad de Uso Mayor, con fines de Zonificación Ecológica, Económica y ordenamiento Territorial de la Sub Cuenca del rio San Lucas.* Cajamarca, Perú.
- Poma, W. (2016a). *Estudio de Suelos y Clasificación de Tierras por Capacidad de Uso Mayor del proyecto Predio El Tablazo: Lotes 1 y 2 en la provincia de Chepén.* Geodesia y Construcción del Norte EIRL. La Libertad, Perú: Geodesia y Construcción del Norte EIRL.

- Poma, W. (2016b). *Estudio de Suelos y Capacidad de Uso Mayor de las Tierras de la Comunidad Campesina Pamparomás. Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre -SERFOR*. Ancash, Perú.
- Poma, W., & Alcántara, H. (2010). *Estudio de Suelos y Capacidad de Uso Mayor del Departamento de Cajamarca*. Recuperado el 6 de Octubre de 2018, de <http://zeeot.regioncajamarca.gob.pe/sites/default/files/INFSUELOSZEE091.pdf>
- Poma, W., & Alcántara, H. (2011). *Estudio de Suelos y Capacidad de Uso Mayor del Departamento de Cajamarca*. Recuperado el 6 de Octubre de 2018, de <http://zeeot.regioncajamarca.gob.pe/sites/default/files/INFSUELOSZEE091.pdf>
- Poma, W., & Díaz, J. (1992). *Estudio de Suelos del Proyecto Chim Shaullo. Universidad Nacional de Cajamarca – Cooperación Técnica Canadiense - CUSO*. Cajamarca, Perú.
- Poma, W., & Vega, M. (1985). *Los Suelos de la Plantación Demostrativa de Chilacat*. Cajamarca, Perú.: Ministerio de Agricultura - Corporación Técnica Belga.
- Poma, W., & Vega, M. (1987). *Los Suelos de la Plantación Demostrativa de Rumicucho*. Cajamarca, Perú: Ministerio de Agricultura – Cooperación Técnica Canadiense-CUSO.
- Poma, W., Pajares, G., & Vega, M. (1987). *Estudio detallado de suelos de 15 Arboreta en Cajamarca*. Cajamarca, Perú: Ministerio de Agricultura - Corporación Técnica Belga, III.
- Reacción del Suelo. (2013). Recuperado el 7 de Junio de 2018, de <http://edafologia.fcien.edu.uy/archivos/Reaccion%20del%20suelo.pdf>
- Roberto, J. (2013). *Anegamiento*. Recuperado el 14 de Setiembre de 2018, de <https://es.slideshare.net/JuanRobertho/anegamiento>

- Sánchez, A., & Sánchez, S. (2010). *Mapa de Pisos Altitudinales – Gobierno Regional Cajamarca*. Recuperado el 12 de Noviembre de 2018, de <http://zeeot.regioncajamarca.gob.pe/sites/default/files/Pisos%20Altitudinales.pdf>
- Schlumberger Water Services. (2013). *Estudio de línea base ambiental del proyecto minero cotabambas*. Apurímac.
- Significados. (2013). *Significado de Pendiente*. Recuperado el 10 de Setiembre de 2018, de <https://www.significados.com/pendiente/>
- Villers, L., & López, J. (17 de Octubre de 1995). Evaluación del uso agrícola y forestal del suelo en la cuenca del río Temascaltepec, Nevado de Toluca, México. *Scielo*, 69-92. Recuperado el 10 de Diciembre de 2018, de <http://www.scielo.org.mx/pdf/igeo/n31/n31a3.pdf>
- Vivas, V. (2012). *Profundidad Efectiva De Un Suelo*. Recuperado el 10 de Diciembre de 2018, de <https://prezi.com/mgo-cdq6elgo/profundidad-efectiva-de-un-suelo/>
- Yumpu. (2013). *Pedregosidad superficial*. Recuperado el 23 de Julio de 2018, de <https://www.yumpu.com/es/document/view/14846248/imagenes-sobre-suelo/23>