UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

TESIS

ÍNDICE DE CALIDAD AMBIENTAL DEL SUELO EN EL DISTRITO DE JOSE CRESPO Y CASTILLO – HUÁNUCO

PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

ELABORADO POR:

JONATAN ESTIFF LEON SANTA MARÍA

TINGO MARÍA – PERÚ

2021

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Tingo María - Perú

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS Nº 005-2021-FRNR-UNAS

Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 10 de Noviembre de 2020, a horas 9:10 a.m. en la Sala virtual Microsof Teams de del Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental para calificar la Tesis titulada:

"ÍNDICE DE CALIDAD AMBIENTAL DEL SUELO EN EL DISTRITO DE JOSE CRESPO Y CASTILLO –HUÁNUCO"

Presentado por el Bachiller: **LEON SANTA MARÍA, Jonatan Estiff,** después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara **APROBADA** con el calificativo de **"MUY BUENO"**

En consecuencia, el sustentante queda apto para optar el Título de **INGENIERO AMBIENTAL**, que será aprobado por el Consejo de Facultad, tramitándolo al Consejo Universitario para el otorgamiento del Título correspondiente.

Tingo María, 16 de Marzo de 2021

Dr. LUIS EDUARDO ORE CIERTO
PRESIDENTE

Ing. M. Sc. JOSE DOLORES LEVANO CRISOSTOMO
MIEMBRO

Ing. M. Sc ANDY WILLIANS VELA ZEVALLOS
MIEMBRO

Ing. M. Sc. JUAN PABLO RENGIFO TRIGOZO
ASESOR

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

ÍNDICE DE CALIDAD AMBIENTAL DEL SUELO EN EL DISTRITO DE JOSE CRESPO Y CASTILLO - HUÁNUCO

Ejecutor : LEON SANTA MARÍA, Jonatan Estiff

Asesor : Ing. M.Sc. RENGIFO TRIGOSO, Juan Pablo

Programa de investigación : Gestión Ambiental

Línea de investigación : Desarrollo sostenible

Eje temático : Índices, Indicadores y Estándares de Calidad Ambiental

Lugar de ejecución : Distrito de José Crespo y Castillo

Duración : 07 meses

Financiamiento : S/.13,143.40

FEDU : S/.00.00

Propio : S/.13,143.40

Otros : S/.00.00

Tingo María

Perú, 2021

DEDICATORIA

A Dios por haberme permitido alcanzar cada uno de mis objetivos y haberme brindado salud, sabiduría y las fuerzas necesarias para lograrlos, además de su bondad y amor infinito.

AGRADECIMIENTO

A Dios por las bendiciones, por brindarme salud y por permitirme disfrutar a mi familia superando todos los obstáculos y dificultades a lo largo de mi camino.

A la Universidad Nacional Agraria De La Selva por acogerme en sus aulas durante mi formación profesional. A los docentes de la escuela profesional de Ingeniería Ambiental, por guiar y brindarme sus conocimientos y experiencias durante mi formación.

Al Ing. M.Sc. Juan Pablo Rengifo Trigozo asesor del presente trabajo de investigación, a los señores miembros del jurado calificador: Ing. Luis Eduardo Oré Cierto, M.Sc. José Levano Crisóstomo y MSc. Andy Williams Vela Zevallos por sus oportunas sugerencias en el presente trabajo.

Al laboratorio de Suelos de la Facultad de Agronomía y de la Facultad de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

ÍNDICE GENERAL

Página

I. INTRODUCCIÓN ….....……..……..... 1

1.1. Objetivo general …… 3

1.2. Objetivos específicos …… 3

II. REVISIÓN DE LITERATURA ….…….. 4

2.1. Antecedentes …..... 4

2.1.1. Sistemas de uso en Supte San Jorge - Tingo María y la calidad de suelos 4

2.1.2. Indicadores de la calidad del suelo y del carbono orgánico en dos sistemas de uso de suelo en el distrito Rupa Rupa – Huánuco …… 5

2.1.3. Calidad de los suelos en el fundo de la Universidad Nacional Agraria de la Selva - Tulumayo ……..... 6

2.1.4. Indicadores para la calidad de los suelos cultivados en provincia de El Oro – Ecuador ……. 7

2.1.5. Guía para la elaboración de la calidad y salud del suelo 8

2.1.6. Calidad del suelo y sus indicadores y su uso para la agricultura sostenible y el desarrollo rural 9

2.2. Marco conceptual ……..... 9

2.2.1. Calidad ……..... 9

2.2.2. Calidad ambiental ……..... 10

2.2.3. Suelo ……..... 10

2.2.4. Índice de calidad ambiental ……..... 11

2.2.5. Medición de la calidad de suelo ……..... 11

2.3. Marco teórico ……..... 12

2.3.1. Calidad de suelo 12
2.3.2. Calidad de suelo y sus indicadores 13
2.4. Efectos de diferentes sistemas de uso de suelo en la calidad .. 18
2.5. Normativa para suelo 19
2.5.1. Normativa para Perú 19
III. MATERIALES Y MÉTODOS 21
3.1. Lugar de ejecución del trabajo de investigación 21
3.1.1. Ubicación política de la zona de estudio 21
3.1.2. Ubicación geográfica y limites 22
3.2. Características generales de la zona 23
3.2.1. Clima 23
3.2.2. Temperatura 23
3.2.3. Precipitación 23
3.2.4. Suelo 23
3.2.5. Zona de vida 24
3.3. Materiales y equipos 25
3.3.1. Materiales 25
3.3.2. Software 25
3.3.3. Equipos 25
3.4. Metodología 25
3.4.1. Caracterización de los perfiles modales de las unidades de suelo en función del Soil Taxonomy 25
3.4.2. Propiedades fisicoquímicas del suelo en función del Propiedades fisicoquímicas del suelo en función del Soil Taxonomy y contraste con el ECA suelo para el cadmio (Cd) 30

3.4.3. Índice de calidad ambiental del suelo en el distrito de José Crespo y Castillo 33

IV. RESULTADOS 35

4.1. Caracterización de los perfiles modales de las unidades de suelo en función del Soil Taxonomy 35

4.1.1. Fluventic Eutrudepts 35

4.1.2. Lithic Udorthents 37

4.1.3. Typic Dystrudepts 38

4.1.4. Typic Dystrudepts - Lithic Udorthents 43

4.1.5. Typic Dystrudepts - Typic Endoaquents 52

4.1.6. Typic Endoaquents 54

4.1.7. Typic Eutrudepts - Typic Eutrudepts 55

4.1.8. Typic Udifluvents 58

4.1.9. Typic Udorthents 60

4.2. Propiedades fisicoquímicas del suelo del en función de Soil Taxonomy y contraste con el ECA suelo Cd 63

4.2.1. Análisis mecánico 63

4.2.2. Análisis de pH 65

4.2.3. Materia orgánica 66

4.2.4. Nitrógeno (%) 67

4.2.5. Fosforo disponible 68

4.2.6. Potasio disponible 70

4.2.7. Cadmio disponible 71

4.2.8. Análisis de parámetros de fertilidad de suelos 73

4.3. Índice de calidad ambiental del suelo en el distrito de José Crespo y Castillo 84

4.3.1. Estadística descriptiva de los parámetros fisicoquímicos del suelo ……..... 85
4.3.2. Correlación de Pearson …..…..... 86
4.3.3. Análisis de componente principal ……..…..... 88
4.3.4. Índice de calidad de suelo …..…..... 92
V. DISCUCIÓN 94
VI. CONCLUSIONES 102
VII. RECOMENDACIONES 103
VIII. ABSTRACT 104
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS ……..... 105
X. ANEXOS 111

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1.	Coordenadas geográficas en UTM del distrito de Crespo y Castillo	22
2.	Suelos de acuerdo al Soil Taxonomy del distrito de Crespo y Castillo …….	24
3.	Ubicación geográfica de los puntos donde se realizaron las calicatas ……..	26
4.	Ubicación geográfica de los puntos para muestrear suelos	28
5.	Análisis físicos y sus respectivos métodos	31
6.	Análisis químicos y sus respectivos métodos	31
7.	Análisis fisicoquímico de los suelos degradados	31
8.	Escala para la Interpretación de elementos químicos de los resultados de análisis de suelos	32
9.	Valores del ECA suelo para Cadmio en el Perú	33
10.	Escala para la Interpretación del pH de los resultados de análisis de suelos	33
11.	Niveles de ICS en sus diferentes calificaciones	34
12.	Análisis fisicoquímico promedio en función de la Soil Taxonomy	63
13.	Análisis mecánico según la soil taxonomy	64
14.	Análisis del pH según la soil taxonomy	65
15.	Análisis de la materia orgánica según la Soil taxonomy	66
16.	Análisis del Nitrógeno según la Soil taxonomy	67
17.	Análisis del Nitrógeno según la Soil taxonomy	69
18.	Análisis del potasio disponible según la Soil taxonomy	71
19.	Análisis del Cadmio Disponible según la Soil taxonomy	72

20.	Análisis de la capacidad de intercambio Catiónico según su Soil Taxonomy	73
21.	Análisis del Calcio según su Soil taxonomy	74
22.	Análisis del Magnesio según su Soil taxonomy	76
23.	Análisis del Potasio según su Soil taxonomy	77
24.	Análisis del Potasio según su Soil taxonomy	78
25.	Análisis del Aluminio según su Soil taxonomy	79
26.	Análisis del Hidrogeno según su Soil taxonomy	80
27.	Análisis del Aluminio según su Soil taxonomy	82
28.	Análisis del porcentaje de base y acido cambiable y saturación de Aluminio según su Soil taxonomy	83
29.	Resultado del análisis de los parámetros - Estadístico descriptivo	85
30.	Matriz de correlación de Pearson de los parámetros analizados	87
31.	Valores propios y vectores propios de F1 a F6	88
32.	Resultado del análisis del índice de calidad ambiental del suelo de José Crespo Castillo	92
33.	Caracterización geográfica del área de trabajo y resultados del análisis de suelo en los sectores del distrito de José Crespo y Castillo	112
34.	Resultados del análisis de componentes principales (ACP) y valores propios de los parámetros fisicoquímicos	115
35.	Contribución estadística en porcentaje de los sectores por factor ..	116

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1.	Mapa de ubicación de José Crespo y Castillo …….	21
2.	Resultado de la calicata del sector N°05 Nueva Apuzana-S1 …….	36
3.	Resultado de la calicata del sector N°04 Monte de los Olivos …….	37
4.	Resultado de la calicata del sector N°07 Nueva Colina ……	40
5.	Resultado de la calicata del sector N°11 San Isidro de Lamguermack …….	41
6.	Resultado de la calicata del sector N°15 Mantaro …….	42
7.	Resultado de la calicata del sector N°20 Pavayacu ……..	43
8.	Resultado de la calicata del sector N°03 La Primavera ……	45
9.	Resultado de la calicata del sector N°13 Alta Chimbote ……..	46
10.	Resultado de la calicata del sector N°14 La Colpa ……	47
11.	Resultado de la calicata del sector N°17 Alta Unión S2 ……	48
12.	Resultado de la calicata del sector N°18 Túpac Amaru ……	49
13.	Resultado de la calicata del sector N°19 La Victoria …….	50
14.	Resultado de la calicata del sector N°01 Alta Corvina ……..	51
15.	Resultado de la calicata del sector N°06 Nueva Apuzana S2 …….	53
16.	Resultado de la calicata del sector N°02 Alta Unión S1 ……	54
17.	Resultado de la calicata del sector N°10 Las Mercedes ……	56
18.	Resultado de la calicata del sector N°10 Cotomonillo ……..	57
19.	Resultado de la calicata del sector N°09 Santa Isabela ……	59
20.	Resultado de la calicata del sector N°08 Nuevo Horizonte ……..	61
21.	Resultado de la calicata del sector N°12 Bolognesi ……..	62
22.	Análisis mecánico de suelo según su Soil taxonomy ……	64

23. Análisis del pH del suelo según su Soil taxonomy ……. 65
24. Materia orgánica según su Soil taxonomy …….. 67
25. Nitrógeno según su Soil taxonomy ……... 68
26. Fosforo disponible según su Soil taxonomy …… 69
27. Potasio disponible según su Soil taxonomy …… 70
28. Cadmio disponible según su Soil taxonomy …… 72
29. Capacidad Intercambio Catiónico según su Soil taxonomy ……. 74
30. Calcio (Cmol(+)/Kg) según su Soil taxonomy ……. 75
31. Magnesio (Cmol(+)/Kg) según su Soil taxonomy ……... 76
32. Potasio (Cmol(+)/Kg) según su Soil taxonomy ……... 77
33. Sodio (Cmol(+)/Kg) según su Soil taxonomy …….. 78
34. Aluminio (Cmol(+)/Kg) según su Soil taxonomy ……. 80
35. Hidrogeno (Cmol(+)/Kg) según su Soil taxonomy …….. 81
36. Capacidad de Intercambio Catiónico efectivo (Cmol(+)/Kg) según su Soil taxonomy…….. 82
37. Análisis del porcentaje de Base y acido cambiable y saturación de Aluminio según su Soil taxonomy ……. 84
38. Análisis de los 20 factores con respecto a su valor y variabilidad acumulado ……... 89
39. Nivel de relación de los parámetros fisicoquímicos seleccionados por los factores F1 y F2 …….. 90
40. Distribución espacial de los sectores y parámetros fisicoquímicos seleccionados por los factores F1 y F2 …… 91

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Foto		Página
1.	Realización de la calicata en el sector Alto Corvina ……...	117
2.	Paisaje del sector Alto Corvina …….	118
3.	Calicata del sector Alto Unión – S1 …….	118
4.	Paisaje del sector Alto Unión – S1 ……	119
5.	Calicata del sector La Primavera ……..	119
6.	Paisaje del sector La Primavera ……...	120
7.	Calicata del sector Monte de los Olivos ……...	120
8.	Paisaje del sector Monte de los Olivos ……	121
9.	Calicata del sector Nueva Aspuzana – S1 ……..	121
10.	Paisaje del sector Nuevo Aspuzana – S1 ……	122
11.	Calicata del sector Nueva Aspuzana – S2 ……..	122
12.	Paisaje del sector Nueva Aspuzana – S2 ……	123
13.	Calicata del sector Nueva Colina …….	123
14.	Paisaje del sector Nueva Colina ……..	124
15.	Calicata en el sector Nuevo Horizonte …….	124
16.	Paisaje en el sector Nuevo Horizonte ……..	125
17.	Calicata del sector Santa Isabela …….	125
18.	Paisaje del sector Santa Isabela ……..	126
19.	Calicata y paisaje del sector Las Mercedes ……	126
20.	Calicata y paisaje del sector San Isidro Languermack …….	126
21.	Calicata y paisaje del sector Bolognesi ……...	127
22.	Calicata y paisaje del sector Alto Chimbote ……	127
23.	Calicata y paisaje del sector La Colpa …….	127

24. Calicata y paisaje del sector Mantaro …….. 128
25. Calicata y paisaje del sector Cotomonillo …… 128
26. Calicata y paisaje del sector Alto Unión – S2 ……. 128
27. Calicata y paisaje del sector Túpac Amaru ……. 129
28. Calicata y paisaje del sector La Victoria …….. 129
29. Calicata y paisaje del sector Pavayacu ……... 129

ÍNDICE DE MAPAS

Mapa Página

1. Mapa de ubicación geográfica del distrito de José Crespo y Castillo …… 130
2. Mapa de ubicación geográfica de las calicatas en el distrito de José Crespo y Castillo …… 131
3. Mapa de ubicación geográfica de puntos de muestreo en el distrito de José Crespo y Castillo …….. 132
4. Mapa fisiográfico del distrito de José Crespo y Castillo …… 133
5. Mapa geomorfológico del distrito de José Crespo y Castillo …… 134
6. Mapa geológico del distrito de José Crespo y Castillo ……. 135
7. Mapa de suelos del distrito de José Crespo y Castillo …….. 136
8. Mapa de zona de vida del distrito de José Crespo y Castillo …… 137

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo evaluar el índice de calidad ambiental del suelo en el distrito de Aucayacu (JCC) del departamento de Huánuco. La metodología empleada para el presente trabajo de investigación, constó en definir los perfiles modales de las unidades de suelo en función del Soil Taxonomy, determinación de las propiedades fisicoquímicas del suelo del en función de Soil Taxonomy y contraste con el estándar de calidad ambiental del suelo para el cadmio (Cd) y estimación del índice de calidad ambiental del suelo empleando el análisis de componentes principales (ACP).

El trabajo concluye que las características de los perfiles de las unidades de suelos en función de la clasificación natural del Soil Taxonomy son: Fluventic Eutrudepts, Lithic Udorthents, Typic Dystrudepts, Typic Dystrudepts - Lithic Udorthents, Typic Dystrudepts - Typic Endoaquents, Typic Endoaquents, Typic Eutrudepts - Typic Eutrudepts, Typic Udifluvents y Typic Udorthents; los parámetros físicos y químicos determinados del suelo fueron la textura, pH, materia orgánica, nitrógeno, fosforo disponible, potasio disponible, cadmio disponible, capacidad de intercambio catiónico efectivo (CICe), calcio, magnesio, aluminio, hidrogeno, bases y ácidos cambiables y porcentaje de saturación de aluminio, determinando que el cadmio disponible se encuentra dentro de los estándares de calidad ambiental del Perú (D.S. N°011-2017-MINAM); y el índice de calidad ambiental del suelo es de 41.480%, teniendo la calificación de un suelo regular de calidad ambiental para el distrito de Aucayacu (JCC) del departamento de Huánuco.

I. INTRODUCCIÓN

Los diferentes usos de los suelos, ocasionan diversos niveles de desequilibrio, afectando de esta manera las características o propiedades fisicoquímicas y orgánicas, por lo que existirá una degradación temporal o permanente de los suelos, además ocasiona la erosión parcial o total de estas. Estas propiedades en los sistemas ecológicos del suelo, generan condiciones óptimas para el desarrollo fisiológico de las plantas forestales y agrícolas, también ayudan en la aireación del suelo en sus diferentes estrados modales directamente e inversamente, y mantienen la humedad relativa, aumentan la resistencia a la erosión, mejoramiento de la disposición de micronutrientes y macronutrientes en el suelo, etc.

El deterioro social, los problemas ambientales (movimiento de masa, inundaciones y fuertes sequias) y de las actividades ilícitas en el distrito de Aucayacu (JCC) (tala ilegal y los cultivos de coca) ha generado espacios de descontento en la población; en la actualidad se está promoviendo el cultivo del cacao, plátano, café, piña, maíz, arroz, especies forestales, etc.; con algunas limitaciones, esto debido a la adaptación de tecnologías que requieren tiempo y perseverancia para lograr que los agricultores de la zona vean que es una oportunidad de mejorar sus condiciones de vida, ante la presencia de otras actividades más rentables (tala ilegal y/o deforestación y la coca) en desmedro del medio ambiente en la zona, han tratado de desmotivar y desarticular toda

iniciativa de trabajos organizados y/o colectivos; es ante ello que la población ha sucumbido a dicho problema, también la población ha abandonado y/o remplazado las áreas del cultivo agrícolas por pastos para la crianza de ganado vacuno que es poco rentable.

Así mismo, un aspecto importante en esta problemática del distrito de Aucayacu (JCC), nace a partir de la geografía, fisiografía y/o topografía agreste y con baja vegetación, que hace que los procesos de erosión de los suelos se incrementen; además, la presencia de la fauna silvestre en todos sus niveles actualmente está disminuyendo, todo esto contribuye a que hoy en día, el distrito se vea como una zona con baja calidad ambiental del recurso suelo, por lo que en el distrito solo se puedo observar cultivos de piña, maíz, frijol, arroz, maíz, yuca, plátano, pastos, y algunas especies promisorias que se desarrollan en suelos degradados y deforestados, producto del desarrollo de una agricultura migratoria y expansiva; la presencia de las mencionadas especies vegetales son indicadores de suelos ácidos con altas concentraciones de aluminio, pH por debajo de 5, lo que representa un claro ejemplo de la baja calidad ambiental de los suelos de estas zonas. Sin embargo, para entender las características intrínsecas del suelo, es necesario conocer y contrastar las propiedades físicas y químicas, para tomar decisiones correctas y concretas para el buen funcionamiento y aprovechamiento de estos recursos, y no solo decidir a partir de lo que podemos ver u observar.

Por ello, el presente trabajo de investigación plantea el problema: ¿Cuál es el nivel del índice de calidad ambiental del suelo en el distrito de Aucayacu (JCC) del departamento de Huánuco?, y por lo que se plantea la

hipótesis de que el índice de calidad ambiental del suelo es baja en el distrito de Aucayacu (JCC) del departamento de Huánuco; el trabajo de investigación tiene los siguientes objetivos:

1.1. Objetivo general

Evaluar el índice de calidad ambiental del suelo en el distrito de Aucayacu (JCC) del departamento de Huánuco

1.2. Objetivos específicos

- Determinar las características de los perfiles modales de las unidades de suelos en función del Soil Taxonomy en el distrito de Aucayacu (JCC)
- Determinar y evaluar los parámetros físicos del suelo: textura y químicos del suelo: pH, materia orgánica, nitrógeno, fosforo disponible, potasio disponible, cadmio disponible, capacidad de intercambio catiónico efectivo (CICe), calcio, magnesio, aluminio, hidrogeno, bases y ácidos cambiables y porcentaje de saturación de aluminio en función del Soil Taxonomy
- Determinar el índice de calidad ambiental del suelo en el distrito de Aucayacu (JCC)

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Antecedentes

2.1.1. Sistemas de uso en Supte San Jorge - Tingo María y la calidad de suelos

El trabajo se realizó en el fundo agrícola, la cual está ubicada en la micro-cuenca del río Supte, Tingo María - Huánuco; el presente estudio tuvo por finalidad evaluar el uso del suelo en los diferentes sistemas que posiblemente afectan la calidad de este en base a sus propiedades físicos y químicas y microbiológicas. De acuerdo a lo indicado en el trabajo, las muestras de suelo se extrajeron por sistema, y a su vez estas fueron llevadas para su posterior análisis al Laboratorio de Suelos de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, también se analizaron algunos parámetros del suelo in sí tú; para el análisis del resultado utilizaron el diseño completamente al azar con sus respectivas repeticiones en los tratamiento. Los sistemas de uso de suelo (bosque, plátano, cacao y pasto) evaluados han tenido una textura franco arcilloso, mientras que los cultivos de maíz presentaron una textura franca, y los suelos donde se cultivaron la coca (suelo degradado) presentaron una textura arcillosa. De acuerdo a sus resultados, el sistema de suelo de excolcales presento un valor máximo de resistencia a la penetración (4.50 kg/cm^2); y además los valores estructurales del suelo fueron de 66.36%. Sin embargo el sistema de uso del suelo con cultivos de maíz presentaron > contenido de fósforo (11.18 ppm);

mientras que el sistema con un alto nivel de materia orgánica fue el del cultivo de cacao (4.38 %). Con respecto a la respiración de los microorganismos, fue < en los sistemas de suelos degradados (0.045 mgCO_2/100g suelo). Y el sistema con > densidad de macro-organismos fue de plátano con 2,416 individuos/m^2 (HOSOKAY, 2012).

2.1.2. Indicadores de la calidad del suelo y del carbono orgánico en dos sistemas de uso de suelo en el distrito Rupa Rupa – Huánuco

El trabajo de investigación lo realizaron en áreas con pastos naturales y pastos mejorados, estas mismas se encuentran en el caserío Merced de Locro, Tingo María, departamento de Huánuco, el trabajo tuvo iniciativa de determinar los parámetros de calidad del suelo y determinar el contenido de carbono orgánico en dos sistemas: Pastos naturales (*Paspalum conjugatum*) y pastos mejorados (*Brachiaria decumbens*). Las muestras lo recogieron empleando una lampa, a los 30cm del suelo, y tomaron cinco sub-muestras (1.0kg) en cada cuadrante sistemáticamente, esto ha sido para que se determine estadísticamente entre los dos sistemas de pastura sus diferencias entre las variables de estudio, para ello usaron la herramienta estadística de LSD Fisher que sirvió para determinar la inferencia a partir de las dos muestras. De acuerdo a sus resultados, se observa que los suelos con pastos mejorados presentan >s valores de densidad aparente respecto a los pastos naturales; con respecto a la materia orgánica, los suelos con pastos mejorados tienen niveles bajos respecto a los suelos de los pastos naturales; lo mismo sucede para el parámetro y/o indicador nitrógeno. Entonces de acuerdo a su análisis, aceptaron la hipótesis

de investigación teniendo una relación positiva; pero los parámetros de fosforo, potasio y capacidad de intercambio catiónico, no existe diferencia estadística. Entonces quiere decir que los suelos con pastos mejorados presentan mayores valores respecto a los suelos con pastos naturales. Sin embargo, el parámetro del carbono en el suelo, el sistema de pastos naturales presentó un incremento en las tasas de almacenamiento respecto a los suelos con pastos mejorados. Finalmente, DAZA (2018) menciona que el almacenamiento de carbono en los suelos en pastos naturales almacena mayor carbono orgánico respecto a los pastos mejorados.

2.1.3. Calidad de los suelos en el fundo de la Universidad Nacional Agraria de la Selva - Tulumayo

Este trabajo de investigación lo realizaron en los meses de de 09/2006 a 02/2007, en las áreas o predios de la UNAS – Centro de Investigación y Producción de Tulumayo, Pueblo Nuevo, Leoncio Prado – Huánuco, y geográficamente ubicadas con coordenadas UTM WG84 zona 18L E:398860 y N:8997650, y con una altitud de 636m.s.n.m., esta investigación, tuvo como fin evaluar la calidad del suelo en cultivos de pasturas, purma, cultivo permanente y cultivo anual, y para esto evaluaron los diferentes parámetros físicos y químicos y microbiológicos o biológicos en el suelo. Los parámetros físicos del suelo evaluados fueron la estabilidad de agregados, textura, densidad aparente, estructura, infiltración, profundidad efectiva, resistencia a la penetración, capacidad de retención de agua y temperatura del suelos; los parámetros químicos evaluados fueron el nitrógeno total, fosforo y potasio disponible, materia orgánica, reacción del suelo y capacidad de intercambio catiónico en los

suelos. Y los parámetros biológicos evaluados fueron la biomasa microbiana, respiración edáfica y número de lombrices en el suelo. Sus resultados fueron que la calidad de suelos, de acuerdo a sus parámetros físicos y químicos y biológicos, fue que para los bosques secundarios (purma de 15 años) buena calidad, cultivo permanente (cítricos), pasturas (brizanta) calidad media, y cultivo anual (maíz) calidad baja; entonces de acuerdo a los cuatro sistemas de suelo, estadísticamente se ha demostrado que tiene diferencias, las pruebas se realizaron mediante la varianza y prueba de Duncan (CORREA, 2012).

2.1.4. Indicadores para la calidad de los suelos cultivados en provincia de El Oro – Ecuador

Este trabajo consistió en identificar datos mínimos (CMD) del suelo, y para ello usaron la herramienta estadística del análisis de componentes principales (ACP), esto lo hicieron con la finalidad de determinar el índice de calidad de Suelos (ICS) y a su vez compararlas con los rendimientos de la producción del cacao del tipo Nacional y del tipo CCN51; lo cual cogieron 30 muestras representativas del suelo a una profundidad de 0 a 0.30m, y estas distribuidas en 25 parcelas de cacao en el área de estudio, estas tienen un clima Tropical Mega térmico, con una topografía diferenciada y con suelos de tipos entisol, alfisol e inceptisol; analizaron y determinaron 19 parámetros o propiedades fisicoquímicas del suelo, las cuales procesaron los datos mediante el análisis de componentes principales. Los cinco primeros componentes principales (CP) de acuerdo a sus resultados representaron el 77.54% de la varianza, por lo que seleccionaron siete parámetros: CP-1 pH, Σ Bases cambiables, CP-2 Carbono orgánico, porcentaje de nitrógeno, CP-3 cobre, CP-

4 porcentaje de arena y PC-5 magnesio que conformaron el conjunto mínimo de datos; luego procedieron a calcular los coeficientes y/o parámetros (Cs) a partir de los eigen valores (%) y sus respectivos componentes principales, con el fin de determinar los coeficientes de varianza (%), resultados que fueron multiplicados por la media de los parámetros fisicoquímicos seleccionado, el índice de calidad de suelos fueron: para Nacional= 26.41 y para CCN51=23.26 que representa suelos de calidad baja, y sin existir nivel significativo (p=0.222). y estas fueron comparadas con los rendimientos entre la Nacional=558.606 kg ha-1 año; y CCN51=3506.473 kg ha-1 año, y también determinaron que la diferencia estadística (p>0.05), influye en el manejo del cultivo sobre los parámetros del suelo (BARREZUETA *et al*., 2017).

2.1.5. Guía para la elaboración de la calidad y salud del suelo

La guía se detalla del suelo y su calidad, donde tiene en cuenta los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos o biológicos; por lo que todos estos parámetros tendrían que ser medidos o determinados, pero sin embargo, los parámetros y/o indicadores no tienen igual significancia en todos los sistemas, por ejemplo, el parámetro físico de conductividad (CE) para salinidad no son útiles para la parte oriental de los Estados Unidos. Además la guía consta de indicadores que conforman la calidad del suelo, estos fueron seleccionados para evaluar la calidad agrologica del suelo, incluyendo los procedimientos para recoger las muestras de suelo. También este, debe ser usada como un método y/o técnica y/o instrumento de análisis para mostrar las tasas o dirección de la calidad del suelo, en cuanto a los sistemas de manejo, conservación, degradación el suelo, etc. (USDA, 1999).

2.1.6. Calidad del suelo y sus indicadores y su uso para la agricultura sostenible y el desarrollo rural

La organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura (FAO) indica que existe una preocupación a nivel mundial sobre los diferentes usos de los sistemas de uso del suelo, debido a que no hay una evaluación, supervisión y fiscalización adecuada de los suelo; pero si existen intentos de mejoramientos en la calidad del suelo que se atribuyen a las diferentes actividades sociales y económicas de desarrollo, pero estas en varias circunstancias son solamente estimadas con aproximaciones subjetivas, en vez de haber sido determinados correctamente a través de los indicadores de acuerdo a la realidad. La perspectiva de la FAO en numerosas reuniones internacionales indican la importancia de los indicadores o parámetros del desarrollo sostenible, pero debido a los intereses y a las diferentes disciplinas involucradas, no hay un consenso adecuado sobre las propiedades de los indicadores del desarrollo sostenible; por lo que el conocer adecuadamente el uso de los indicadores, ayudaría a identificar problemas específicas, así como actividades exitosas (FAO, 2016).

2.2. Marco conceptual

2.2.1. Calidad

La ISO refiere a la calidad como el grado o nivel en el que un conjunto de propiedades y/o características inherentes a un objeto que cumple con los requisitos (ISO 9001, 2015).

2.2.2. Calidad ambiental

Según MINAE (2004), indica que el equilibrio ecológico caracteriza los procesos geológicos, químicos, físicos y microbiológicos o biológicos, así como sus diversas interacciones complejas, y este a través del tiempo tiene un espacio en un sistema ambiental y geográfico, y relativamente con una mínima intervención antropogénica; pero que este claro que los seres humanos con sus diversas actividades causan estos malestares al medio ambiente, y estas se encuentran en el D.S. N°31849-MINAE-S-MOPT-MAG-MEIC-2004.

Por lo que la calidad del recurso suelo son equivalentes a la salud pública pero no sinónimos (DORAN y PARKIN, 1994), entonces indica que la calidad del recurso suelo se debe interpretarse como la utilidad de un bien y/o servicio, y este con el propósito de tener una escala de tiempo amplia (CARTER *et al*., 2002). Pero las condiciones de las características y/o propiedades dinámicas del suelo: MO, diversidad biológica, o especies de microorganismos, constituyen la salud del recurso suelo (ROMIG *et al*., 1995).

2.2.3. Suelo

Para JARAMILLO *et al.* (1994) Es una capa delgada, de unos pocos centímetros hasta algunos metros de espesor, de material terroso, no consolidado, que se forma en la interfase atmósfera – biosfera – litosfera; en este recurso actúan los componentes de la atmósfera e hidrosfera (temperatura, aire, agua, viento, precipitación, etc.), de la litosfera (sedimentos y rocas), y la biosfera, estas hacen transferencia de materia, energía y movimientos entre lo inorgánico y lo orgánico, produciendo un complejo ecosistema. HILLEL (1998)

indica que el suelo es un cuerpo natural que tiene interacciones dinámicas con el medio ambiente y la atmosfera y los estratos de la superficie terrestre, que interactúa con el clima y el ciclo del agua e hidrogeológico de la tierra, y esta sirve para el crecimiento de una comunidad de organismos. Además, este recurso juega un rol ambiental único, como la de un reactor biofísico y bioquímico descomponiendo materia de desecho y reciclaje en nutrientes para la resiliencia continua de la vida en el suelo. USADA (2014), indica que los cuerpo naturales o biologicos sobre el suelo en areas artificiales realizadas por el hombre a partir de materia viviente, este soporta o es capaz de resistir los procesos biologicos.

2.2.4. Índice de calidad ambiental

CARVAJAL *et al*. (2007) indica que los “índices de calidad son básicamente una representación de los parámetros fisicoquímicos y biológicos, que a su vez permiten valorar los recursos naturales, estos puede representarse en rangos, formas, etc.”.

2.2.5. Medición de la calidad de suelo

La calidad del recurso suelo comprenden ciertos factores fisicoquímicos y microbiológicos o biológicos y sus relaciones intrínsecas; por lo que para determinar la calidad del recurso suelo deberían ser medidos relativamente todos los parámetros de este recurso; sin embargo, es preciso indicar que no todos los elementos o parámetros, tienen la misma importancia para todos los diferentes sistemas de suelos. Es importante referirles que la calidad ambiental se puede medir indirectamente, y este puede ser a través de los parámetros de la calidad del suelo, y estas pueden ser móviles e inmóviles y

a su vez están influenciados por los sistemas ecológicos, por los usos de los suelos y por las prácticas de manejo adecuados, se pueden tener una aproximación en la estimación de la calidad del suelo (CARTER *et al.,* 2002). Es necesario también precisar que la estructura del suelo, la densidad aparente, los agregados y sus estabilidades, la profundidad del suelo, la infiltración, la capacidad de almacenamiento del agua y la conductividad hídrica, vienes a ser los parámetros propicios para determinar su calidad (LUTERS y SALAZAR, 2000).

2.3. Marco teórico

2.3.1. Calidad de Suelo

Es un término que se originó en Estados Unidos por la década de los años 1990, apareció en el informe de calidad del Suelo y Agua: Una Agenda para la Agricultura del National Research Council Comete (NRCC) (ACEVEDO *et al*., 2005). Además, está definida por la capacidad y sus funciones de un tipo específico del recurso suelo, para el sostenimiento de la producción y rendimiento " (KARLEN *et al*., 1997); entonces quiere decir que la calidad del recurso suelo encierra la idea de la productividad y el de la preservación del medio ambiente. Las funciones de calidad del suelo según Brejeda y Moorman (2001), citados por ACEVEDO *et al.* (2005) son:

1) Liberar nutrientes, captación, mantenimiento y otros elementos químicos.

2) Captación, mantenimiento y liberación del agua a las vegetaciones y recargar en los acuíferos.

3) Mantenimiento de los nichos ecológicos edáficos apropiado para todas las actividades de los microorganismos y organismos del suelo.

4) Hacer una mejora en el uso de los sistemas ecológicos o ambientales y de las zonas de preservación y conservación del paisaje.

Se entiende que la calidad del suelo tiene un comportamiento dinámico y cambia en un tiempo corto, y esto es debido al uso del suelo y a sus prácticas; para protegerlas y conservarla se tiene que realizar el desarrollo sostenible (GUZMAN *et al*., 2000). Además, la mejora de la calidad del recurso suelo, genera beneficios ambientales, sociales y económicos y estas relacionadas con la productividad, por lo que hay mayor rendimiento en el uso de los macro y micronutrientes y por ende mejor calidad ambiental, reduciendo los GEI (Brejeda y Moorman (2001), citados por ACEVEDO *et al*., 2005).

Es necesario referirles que el plan nacional de la USA, iniciaron con el desarrollo del inventario de los tipos de suelos, donde han obtenido información a partir de su clasificación taxonómica, factores de erodabilidad, características agrologicas, etc.; luego politizando la calidad del suelo dentro de la gestión integral de la calidad ambiental, la cual permitió seleccionar los indicadores agroecológicas, agrologicas para los programas de monitoreo de la calidad del suelo (ALTIERI, 1997).

2.3.2. Calidad de suelo y sus indicadores

Los indicadores, se evalúan empleando los parámetros físicos, químicos y biológicos que dan a conocer las tasas de cambios de la biocapacidad del suelo y de acuerdo a su funcionalidad” (Dalurzo *et al*. (2002), Citado por

ACEVEDO *et al*., 2005); los parámetros del suelo dependen de la dinámica del sistema ecológico, esta permiten identificar las características, y sirven como indicadores de la sostenibilidad, estos indicadores utilizados representan a las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas o biológicas del recurso suelo; por lo que entonces la capacidad de la productividad del sistema, puede ser determinadas con los rendimiento y/o productividad de las plantaciones forestales, agrarias y ganaderos. NRCS (2004) refiere que los parámetros del suelo tienen que tener lo siguiente:

1) Ser factibles de medir
2) Medición de las tasas de cambios en los ecosistemas del suelo.
3) Incluir las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas o biológicas del suelo
4) Ser asequibles a la apreciación y aplicables.
5) Ser elásticos a las transiciones del clima y del manejo

MOSCATELLI *et al*. (2005), Menciona que los parámetros de calidad pueden ser los horizontes, la materia orgánica, acidez del suelo, concentración del fósforo disponible, respiración de los microorganismos, densidad aparente, resistencia y la tasa de infiltración; además indica que los parámetros pueden contener variables cuantitativas y cualitativas: afloramiento, erodabilidad, encharcamiento, tasa de infiltración, capacidad de intercambio catiónico, biomasa de nematodos, pH, temperatura del suelo, bases cambiables, estructura el suelo, humedad relativa, contenido de agua, hinchamiento, capacidad portante, índice de plasticidad, etc.

2.3.2.1. Indicadores físicos

Hay varios indicadores físicos de calidad, y varían de acuerdo a las particularidades únicas del área en estudio; CHEN (2000), indica que como parámetros son: estructura, profundidad del suelo, infiltración, densidad aparente y capacidad de retener agua, y DORAN y LINCOLN (1999) indica como parámetros: textura, estructura, espesor del horizonte, densidad aparente, finos, temperatura e infiltración.

Según Brejeda y Moorman (2001), citado por ACEVEDO *et al.* (2005), Indica que la textura se relaciona con la porosidad del suelo, con la tasa de infiltración y con la cantidad del agua; mientras que la densidad aparente debe relacionarse con la tasa de infiltración y con la conductividad; la estabilidad de agregados debe relacionarse con la resistencia a la erosión y con la concentración de materia orgánica. La Universidad de Chile, indica que los parámetros físicos deben estar relacionadas con las partículas de los suelos, poros y los agregados, ya que estos parámetros expresan la manera en que el suelo influye en toda la vegetación (BAUTISTA *et al.*, 2004). La FAO (1996) indica que la textura del suelo genera información relativa de las partículas del suelo, como son los porcentajes de la arena, del limo y de la arcilla; además la textura del suelo está relacionada con la trabajabilidad, entonces este parámetro ayuda a distribuir con facilidad a los nutrientes (macro y micronutrientes del suelo), del agua y del aire, ya que estos son esenciales para la vida de la flora y fauna silvestre.

2.3.2.2. Indicadores químicos

ACEVEDO *et al.* (2005), manifiesta que los parámetros e indicadores químicos para determinar la calidad, tiene que valorar la relación suelo – planta, así como la calidad del agua y su disponibilidad de este, la capacidad amortiguadora del suelo y los nutrientes para la flora y la fauna. Además CHEN (2000) indica que los parámetros e indicadores tienen que ser: materia orgánica (MO), carbono y nitrógeno orgánico, pH, conductividad eléctrica (CE), y el N, P y K disponible; por lo que los indicadores deben reflejar estándares de fertilidad en el suelo (pH, MO, N, P y K), estos son factores importantes para la agricultura, la foresteria y la agroforesteria. También MARTINEZ (2003) indica que la materia orgánica está considerada como un parámetro altamente característico, siendo el mecanismo más importante entre un grupo de datos, entonces la MO del suelo es esencial para la distribución de los suelos, retención del agua y reserva nutritiva. Pero también es importante la concentración de hidrógenos en el suelo (pH), ya que es un índice de la acidez, o de la neutralidad o de la alcalinidad de este; está representada por el $– \log(H^+)$, y dimensionada en mol/litro; entonces quiere decir que al pH se le representa en una escala que va desde el 0 hasta el número 14. Por lo que cuando hay más H^+ que OH^-, se dice que la solución es ácida, y si es viceversa es alcalina y si son iguales es neutra (MARTINEZ, 2003). El nitrógeno en el suelo habitualmente viene de la disgregación de los residuos orgánicos, abonos orgánicos, humus, etc., y se encuentran como nitrógeno amoniacal NH_3 y/o nitratos $NO3^-$; estos procesos ocurren debido a la atribución de los microorganismos del suelo, y para su determinación se realiza mediante

el método Kjeldhal clásico o Kjeldhal modificado en algunas ocasiones (CALDERÓN, 1999).

El cadmio disponible, es un metal que forma parte del grupo IIB de la tabla periódica, y tiene un peso atómico de 112.41 g/mol. Este metal es considerado el más móvil en el ambiente acuático y sus principales características es que es bio acumulativo y persistente en el ambiente, este se encuentra en aguas superficiales y subterráneas, cabe mencionar que es un metal pesado también y tiende acumularse en el suelo, este elemento químico es uno de los mayores tóxicos asociados con la contaminación del medio ambiente y de la industria, también reúne cuatro características más temidas de un toxico; además la disponibilidad del cadmio (Cd) en el suelo se relaciona con su movilidad, transporte y distribución en el ecosistema, por lo que su dinámica se describe mediante los procesos de adsorción y desorción que dependen directamente de la forma química del metal y de las características del suelo (JIMENEZ, 1995).

2.3.2.3. Indicadores biológicos

Se entiende que las propiedades del suelo biológicamente son móviles, por ende las poseen como ventaja para la degradación así como las mejoras de las características del suelo; CHEN (2000) menciona que como parámetros biológicos son: carbono y nitrógeno de la biomasa microbiana, nitrógeno mineral y la respiración, población de lombrices, productividad de los cultivos; estos indicadores ayudan en la definición de la dinámica de la MO y ayuda a entender los procesos de cambio de los residuos orgánicos (Bandick y Dick (1999), citado por ACEVEDO *et al*., 2005).

DELGADO *et al*. (1999) afirma que es de necesidad estimar correctamente la biomasa de los organismos en el suelo, ya sea empleando métodos directos e indirectos; entre los métodos, el usado es la fumigación con cloroformo para la destrucción selectiva de la MO, este método no altera la materia orgánica no viva; entonces de esta manera el carbono y nitrógeno derivadas del tejido muerto debido a la fumigación pueden ser obtenido por extracción directa con una solución salina (método fumigación-extracción (FE)) para el carbono y para el caso del nitrógeno después de un periodo de incubación con el método de fumigación-incubación, FI).

De acuerdo a HERNÁNDEZ (2007), la tasa de emisión del anhídrido carbónico por el suelo, puede ser determinada por el método del cilindro invertido y por el método de absorción en un álcali. El dióxido de carbono absorbido se determina por la doble titulación.

2.4. Efectos de diferentes sistemas de uso de suelo en la calidad

La calidad mejora la réplica de varios factores ambientales, siendo: la pérdida de recurso suelo debido a la erosión, los sedimento debido a las fuertes brisas y/o por las inundaciones, la reducción del proceso de infiltración, el incrementos de precipitación, el endurecimiento del horizonte O del suelo, la perdida de los macro y micro nutrientes, el transporte de productos químicos como los pesticidas, las variaciones en el pH, la pérdida de la materia orgánica, la disminución de la actividad biológica y por ende la reducción de la calidad del recurso agua (NRCS, 2004). Entonces la calidad del suelo engloba los factores fisicoquímicos y microbiológicos o biológicos, así como sus relaciones. Por ello, para entender la filosofía holística de la calidad del suelo, o de la salud del suelo,

estas deben ser determinadas con todos los parámetros; sin embargo, es necesario precisar que no todos los parámetros tienen la misma relevancia para todos los sistemas de los suelos (DORAN y LINCOLN, 1999).

Por lo tanto, las mejoras en las propiedades de los suelo se percibe de manera general, esto posiblemente por el aumento o disminución de algunos parámetros de las características del suelo (DORAN y LINCOLN, 1999).

2.5. Normativa para suelo

2.5.1. Normativa para Perú

Los ECA para suelo en el país constituyen un referente obligatorio para el diseño y para aplicación de los instrumentos de gestión ambiental, y estas son aplicables para los parámetros asociados a las actividades de producción, extracción, y/o de servicios. De superarse los estándares del suelo, en los parámetros asociados a las diferentes actividades referentes al suelo, las personas naturales y empresas a cargo de estas, están en la obligación de realizar acciones de evaluación y, de ser el caso, ejecutar acciones de remediación de sitios contaminados, con la finalidad de proteger la salud de las personas y del medio ambiente; lo indicado no aplica cuando los ECA para suelo son inferiores a los niveles de base, los cuales estos proporcionan información acerca de las concentraciones de origen natural de los elementos químicos presentes en el suelo, que pueden incluir el aporte de las fuentes de la población no relacionadas al sitio en evaluación. La aplicación de los estándares para suelo como instrumentos de gestión ambiental, tienen el carácter de prevención, y este se evalúa de acuerdo a la actualización o modificación de los mismos, en el

marco de la normativa vigente del sistema nacional de evaluación del impacto ambiental (SEIA). En el caso de instrumentos correctivos, la aplicación de los estándares de calidad ambiental para suelo se realiza conforme a la normativa ambiental del sector que le corresponde; en la normativa de calidad con respecto al parámetro del cadmio, se encuentra dentro de los parámetros inorgánicos, lo cual indica un rango donde debe encontrarse este parámetro normalmente.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución del trabajo de investigación

El trabajo y/o estudio se realizó en el distrito de José Crespo y Castillo (Aucayacu), tiene un área de 149,264.16 Ha., y un perímetro de 339,759.01 metros lineales.

3.1.1. Ubicación política del área de estudio

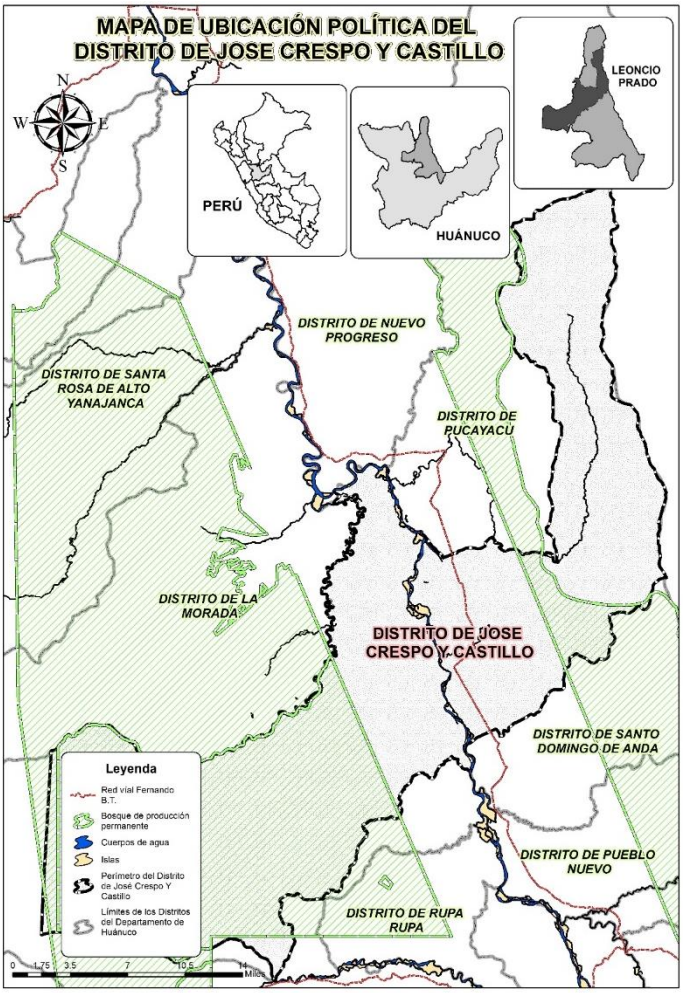


Figura 01. Mapa de ubicación de José Crespo y Castillo

La zona de estudio políticamente se ubica:

Departamento : Huánuco

Provincia : Leoncio Prado

Distrito : José Crespo y Castillo (Aucayacu)

3.1.2. Ubicación geográfica y limites

Cuadro 01. Coordenadas geográficas en UTM del distrito de Crespo y Castillo

ID	Este (m)	Norte (m)	ID	Este (m)	Norte (m)
1	337363	8985789	13	383922	9055695
2	365733	9014678	14	392136	9061554
3	343325	9006331	15	394558	9059805
4	338330	9003830	16	392466	9045258
5	356205	9003852	17	398523	9029553
6	348189	9003265	18	398580	9021066
7	350017	9001984	19	391929	9012728
8	367472	9031654	20	379388	9001855
9	376679	9022908	21	366833	8990591
10	387784	9022401	22	360094	8981537
11	387506	9036577	23	350508	8983046
12	382126	9048351	24	342638	8984910

El distrito de Aucayacu (JCC) políticamente y geográficamente limita y/o colinda:

Por el Norte : Con el distrito de Pucayacu

Por el Sur : Con el distrito de Santo Domingo de Anda

Por el Este : Con la Cordillera Azul, línea divisoria y el departamento de Ucayali

Por el Oeste : Con las provincias de Marañón y Huacaybamba

3.2. Características generales de la zona

3.2.1. Clima

El distrito de Aucayacu (JCC) presenta un clima tropical, semi - cálido y templado - húmedo, con tipologías características debido a la diversificación de temperaturas y la precipitación pluvial en la selva alta o rupa rupa (ZEE-GRH, 2017).

3.2.2. Temperatura

La diferenciación térmica es alta y puede alcanzar fácilmente para el distrito los 20ºC de diferencia, teniendo un máximo de 38ºC. y un mínimo de 17ºC, lo que acentúa los ciclos climáticos en el distrito de Aucayacu (JCC) (ZEE-GRH, 2017).

3.2.3. Precipitación

La precipitación anual en media para el distrito de Aucayacu (JCC) es de 3,179 mm., información histórica de 35 años, en épocas de invierno sobrepasan los 3,860 mm de precipitación; y mayormente se presenta entre los meses de noviembre, diciembre, enero, febrero y marzo, y esto a su vez se interrumpe con una pequeña sequía entre los fines del mes de diciembre hasta mediados del mes de febrero; y la época seca o de verano comprende los meses de mayo a octubre” (ZEE-GRH, 2017).

3.2.4. Suelo

En el distrito de José Crespo y Castillo se encuentra los siguientes

tipos de suelo de acuerdo al Soil taxonomy (ZEE-GRH, 2017):

Cuadro 02. Suelos de acuerdo al Soil Taxonomy del distrito de Crespo y Castillo

ID	Descripción	Área (Ha)	Área relativa (%)
1	Cuerpos de agua	1,338.35	0.90%
2	Dystric Eutrudepts - Lithic Udorthents	0.57	0.00%
3	Fluventic Eutrudepts	3,813.44	2.56%
4	Lithic Eutrudepts - Lithic Udorthents	11,726.18	7.87%
5	Lithic Udorthents	5,401.02	3.62%
6	Lithic Udorthents - Typic Dystrudepts	48,280.47	32.39%
7	Misceláneo	210.63	0.14%
8	Typic Dystrudepts	13,273.03	8.90%
9	Typic Dystrudepts - Lithic Udorthents	43,367.04	29.09%
10	Typic Dystrudepts - Typic Endoaquents	1,416.47	0.95%
11	Typic Dystrudepts - Typic Udorthents	891.73	0.60%
12	Typic Endoaquents	6,942.60	4.66%
13	Typic Eutrudepts - Lithic Udorthents	3,943.44	2.65%
14	Typic Eutrudepts - Typic Eutrudepts	6,864.04	4.61%
15	Typic Udifluvents	412.21	0.28%
16	Typic Udorthents	1,172.80	0.79%
	Total general	149,054.02	100.00%

3.2.5. Zona de vida

Las zonas de vida para el distrito de José Crespo y Castillo son: Bosque muy Húmedo Premontano Tropical, esta zona de vida se caracteriza por tener una abundante vegetación arbórea y arbustiva, y un también tiene un Clima cálido húmedo-lluvioso con precipitaciones pluviales altas durante cinco (05) meses del año, Bosque muy Húmedo Premontano Tropical (Transicional a bosque pluvial Premontano tropical), Bosque pluvial Premontano tropical, Bosque húmedo tropical (transicional a bosque muy Húmedo Premontano Tropical) (ZEE-GRH, 2017).

3.3. Materiales y Equipos

3.3.1. Materiales

Botas, machete, pala recta, pala cuchara, pico, equipos de protección personal, envases de plástico para recolección de muestras de suelo, etiquetas, marcador indeleble, wincha de 5.0m., libreta de campo, imagen satelital Landsat 8 sensor OLI/TIRS con resolución de 30m con Path_Row: 7_66 de 2018 y 2019, imágenes satelitales ASTER GDEM (Aster Global Digital Elevation Model) SW10W77 y SW10W76 con resolución de 30m.

3.3.2. Software

Software QGIS 3.4.2., Software Microsoft Word y Microsoft Excel, Google Earth Pro.

3.3.3. Equipos

GPS GARMIN eTrex Vista® HCx , Laptop Toshiba Intel(R) Core(TM) i5 y Cámara digital Sony Cybershot W730.

3.4. Metodología

3.4.1. Caracterización de los perfiles modales de las unidades de suelo en función del Soil Taxonomy

1) Reconocimiento de la zona

Se realizó el reconocimiento de la zona de estudio, y se identificó las características topografía en el área de estudio, se trabajó en función del mapa fisiográfico y el mapa de suelos del distrito de José Crespo y Castillo (ver mapas

en el Anexo 04) de acuerdo a la zonificación económica y ecológica del Gobierno Regional de Huánuco (ZEE-GRH, 2017).

2) Ubicación de los sectores y/o punto para realizar las calicatas

Las calicatas se ubicaron estratificadamente de acuerdo al mapa de suelos del distrito de José Crespo y Castillo (Ver Anexo 04); y se seleccionaron una calicata por soil taxonomy realizando un muestreo aleatorio simple, esto es con la finalidad de homogenizar los resultados; en el siguiente cuadro se muestra la ubicación geográfica de los puntos donde se realizaron las calicatas.

Cuadro 03. Ubicación geográfica de los puntos donde se realizaron las calicatas

ID	Sector	Este (m.)	Norte (m.)	Altitud (m.s.n.m.)
1	Alta Corvina	371583	9002325	663
2	Alto Unión S1	370050	9027220	547
3	La Primavera	372616	9014440	600
4	Monte de los Olivos	365286	8995818	768
5	Nueva Aspuzana S1	369208	9029698	544
6	Nueva Aspuzana S2	370643	9028550	540
7	Nueva Colina	374436	9006458	584
8	Nuevo Horizonte	364707	8992950	647
9	Santa Isabela	374696	9024957	545
10	Las Mercedes	376077	9017554	555
11	San Isidro de Languermack	375187	9011032	566
12	Bolognesi	370122	9007423	597
13	Alto Chimbote	381130	9016520	638
14	La Colpa	387345	9013092	802
15	Mantaro	368360	9014435	571
16	Cotomonillo	376174	9020648	550

17	Alto Unión S2	380519	9023981	776
18	Túpac Amaru	383332	9008957	675
19	La Victoria	379121	9018417	581
20	Pavayacu	369213	9022170	546

3) Realización de calicatas

Las calicatas se realizaron en los caseríos y/o sectores seleccionados aleatoriamente de acuerdo al mapa de suelos y representativas a la zona de estudio (distritos de José Crespo y Castillo). Las calicatas han tenido las dimensiones de 1m x 1m x 1m (ancho x largo x profundidad). Una vez realizada la calicata y su respectivo registro, se volvió a taparla, esto es con el fin de no afectar a la fauna silvestre, a los que transitan por el sector de la zona (Ver Anexo 04, se muestran el mapa de ubicación geográfica de los puntos donde se realizaron las calicatas).

4) Caracterización de los perfiles de suelo

Según USDA (2014), indica que la clasificación taxonómica o natural de los suelos debe seguir con las normas del sistema Soil Taxonomy, entonces esto se hizo para identificar las categorías superiores considerando: Orden, Suborden, Gran Grupo y Subgrupo; pero, para los suelos incluidos en el catálogo de esta clasificación se consideró sólo aproximada, esto fue debido al desconocimiento de ciertas características de formas y analíticas, y además estos fueron criterios de diagnóstico de algunas categorías taxonómicas; de acuerdo al trabajo desarrollado se consideró la ubicación geográfica de las calicatas (este, norte y altitud), la profundidad de la calicata (aproximadamente

de 01 metro), medición de los horizontes de suelo encontrados (O, A, B, C, etc.), textura y estructura del suelo, fisiografía y geología de acuerdo a la ZEE-GRH (2017), pendiente se estimó con un clinómetro, clasificación natural de acuerdo a la observación, zona de vida, vegetación, capacidad de uso mayor de acuerdo a la ZEE-GRH (2017), presencia de raíces de acuerdo a lo observado y si se encontraron rocas también de acuerdo a la observación; todos estos detalles se reportaron con tomas fotográficas de los escenarios observados.

5) Puntos para la toma de muestras de suelo

También se recorrió por toda el área de estudio, haciendo un reconocimiento general; con el fin de seleccionar los puntos a muestrear; una vez elegidos los puntos a muestrear mediante la técnica del muestreo al azar simple, se presente a continuación las siguientes coordenadas de los sectores donde se obtuvieron las 45 muestras de suelos:

Cuadro 04. Ubicación geográfica de los puntos para muestrear suelos

ID	Punto de muestreo y/o N° de Observación	Sectores	Este (m)	Norte (m)
1	22	Alto Belén	385966	9012787
2	23	La Colpa	386942	9013917
3	24	Alto Sangapilla	378236	9012509
4	25	Túpac Amaru	383313	9009036
5	26	Cristo Rey	381773	9019870
6	27	Nuevo Progreso	379723	9014304
7	28	Puerto Alegre de Mohena	377767	9005088
8	29	Cerro Alegre	373876	9010450
9	30	Mantaro	367283	9012548
10	31	Bolognesi	370235	9007287
11	32	Alto Victoria	380240	9021675
12	33	Sucre	367769	9019794
13	34	La Victoria	379136	9017606

14	35	Sant. María de Magd.-Sant. Rosa	365575	9028299
15	36	Cotomonillo	376118	9020994
16	37	UTC Bambú	375923	9009315
17	38	La Primavera	372033	9014184
18	39	San Isidro de Languermack	375100	9010541
19	40	Encanto Salvador - Alto Corvina	375458	9002218
20	41	Víctor Languemack	375072	9013712
21	42	San Francisco	379571	9008506
22	43	Nuevo Copal	379596	9009942
23	44	Santa Isabel	372537	9022092
24	45	Bijao de Magdalena	372068	9016153
25	46	Nueva Colina	374876	9008497
26	47	Alto Unión S2	379145	9026159
27	48	Alto Montaña Verde	381952	9023042
28	49	Pavayacu	368761	9023086
29	50	Río Frio	379585	9007506
30	51	San Martín de Pucate	373500	9014986
31	52	San José de Pucate	372129	9020335
32	53	Nueva Aspuzana - 7 de Octubre	369797	9023678
33	54	Alto Yacusisa	383554	9014833
34	55	Chimbote Bajo	381410	9016486
35	56	Las Mercedes - Yacusisa	380638	9014014
36	57	Alto Chimbote	382358	9016744
37	58	Aspuzana S1	369208	9029698
38	59	Alto Unión S1	370050	9027220
39	60	La Primavera	372616	9014440
40	61	Santa Isabela	374696	9024957
41	62	Aspuzana S2	370643	9028550
42	63	Nuevo Horizonte	364707	8992950
43	64	Nueva Colina	374436	9006458
44	65	Alta Corvina	371583	9002325
45	66	Monte de los Olivos	365286	8995818

5.1) Toma de muestra

Se utilizó el patrón de muestreo al azar en zig-zag en el área seleccionada aleatoriamente del suelo en el distrito, y esto consistió en tomar

submuestras por sector seleccionado, siguiendo un camino en zigzag; y después se procedió a limpiar la vegetación y restos del suelo y así se extrajo las submuestras, los cuales se obtuvieron con el barreno muestreador de 20cm a 30cm de profundidad. Luego de obtener todas las submuestras en un balde (20 submuestras por zona aproximadamente) se prosiguió en mezclar sistemáticamente y se para ello se utilizó el método del cuarteo, donde se colocó todo el suelo recolectado en un plástico limpio, para luego dividirlo en cuatro partes iguales y se separó en uno de los casos una de ellas y en otros casos dos opuestas, repitiendo el procedimiento hasta obtener 1.0 kg. aproximadamente del suelo (SCHWEIZER, 2011). Y esta muestra se envió a analizar en el laboratorio de suelos de la UNAS.

5.2) Identificación de muestras

Cada muestra compuesta y/o mesclada se llevó a una bolsa de plástico y se cerró o selló herméticamente, esta actividad se desarrolló con el cuidado de no contaminar ni mezclar otras muestras. Se rotularon con etiqueta para su identificación y se utilizaron como marcador permanente plumones indelebles. Esto es con el fin de tener los resultados bien organizados.

3.4.2. Propiedades fisicoquímicas del suelo en función del Soil Taxonomy y contraste con el ECA suelo para el cadmio (Cd)

Los análisis de los parámetros físicos y químicos (del Cuadro 05 al Cuadro 10) del suelo, se realizaron en el Laboratorio de Análisis de Suelos de la Facultad de Agronomía y laboratorio de suelos de la FRR de la UNAS; en los cuadros siguiente se muestran los parámetros de análisis.

Cuadro 05. Análisis físicos y sus métodos

Parámetro	Método
Porcentaje de arena	Hidrómetro
Porcentaje de arcilla	Hidrómetro
Porcentaje de limo	Hidrómetro
Clase textural	Triángulo textural

Fuente: Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología de la Universidad Nacional Agraria de la Selva y USDA (1999)

Cuadro 06. Análisis químicos y sus respectivos métodos

Parámetro	Método
pH	Potenciómetro
Materia orgánica	Walkley y Black
Nitrógeno	Micro Kjeldahl
Fosforo	Tolsen modificado
Potasio	Acetato de amonio

Fuente: Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología de la Universidad Nacional Agraria de la Selva y USDA (1999)

Los datos obtenidos se registrarán en el siguiente Cuadro:

Cuadro 07. Análisis fisicoquímico de los suelos degradados

Parámetro	Unidad	Valores
pH	1:1	

Materia orgánica	%
Nitrógeno	%
Fosforo	Ppm
Potasio	Ppm
Calcio	Cmol(+)Kg
Magnesio	Cmol(+)Kg
Aluminio	Cmol(+)Kg
Hidrógeno	Cmol(+)Kg
CICe	Cmol(+)Kg
Bas. Camb	%
Ac. Camb	%
Sat.Al	%

Las escalas de interpretación a utilizar son:

Cuadro 08. Escala para la Interpretación de elementos químicos de los resultados de análisis de suelos

Elemento químico	Calidad del suelo		
	Bajo	Medio	Alto
M.O. (%)	< 2	2 - 4	> 4
N (%)	< 0.1	0.1 - 0.2	> 0.2

P (ppm)	< 7	7 - 14	> 14
K (ppm)	< 100	100 - 240	> 240

Fuente: Laboratorio de Análisis de Suelo de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS) – Facultad de Agronomía de Tingo María

Cuadro 09. Valores del ECA suelo para Cadmio en el Perú

Parámetro	Suelo Agrícola	Suelo Residencial/ Parque	Suelo Comercial/ Industrial/ Extractivo
Cadmio (ppm)	1.4	10	22

Cuadro 10. Escala para la Interpretación del pH de los resultados de análisis de suelos

Según BLUME *et al.* (2016)	pH (1:1)
Extremadamente ácido	< 4
Fuertemente ácido	4 - 4.9
Medianamente ácido	5 - 5.9
Ligeramente ácido	6 - 6.9
Neutro	7.0
Ligeramente alcalino	7.1 - 8
Medianamente alcalino	8.1 - 9
Fuertemente alcalino	9.1 - 10
Extremadamente alcalino	> 10

Fuente: Laboratorio de Análisis de Suelo de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS) – Facultad de Agronomía de Tingo María

3.4.3. Índice de calidad ambiental del suelo en el distrito de José Crespo y Castillo

Para determinar del índice de calidad del suelo (ICS) se empleó el procedimiento referido por MARCELO (2017), donde se realizaron la selección

de los parámetros de la calidad de suelo y así para la obtención del mínimo de indicadores en conjunto (CMD), este análisis se realizó empleando el análisis de componentes principales (ACP), esto es con el fin de aplicar la fórmula del índice de calidad normalizada (ICS) (Normalized quality index-QIN), también indicar que se realizó en función de los coeficientes de puntuación, valores que se obtuvieron calculando la variación (%) del total de datos explicado por cada componente principal, y esto a su vez dividiendo por el total (%) de la varianza acumulada (%), explicada entonces por todos los componentes principales, y posteriormente fue multiplicado por los valores medios de cada indicador y/o parámetro seleccionado que conforman el CMD.

$$\text{Índice de calidad normalizada } (Q/N) = QI_N = (\Sigma\ Wi * Cs) \ldots (1)$$

Donde:

Wi: Indicador seleccionado; Cs: Coeficiente de puntación.

El Cuadro 11, presenta los rangos de valoración de los niveles para calificar el Índice de calidad del suelo.

Cuadro 11. Niveles de ICS en sus diferentes calificaciones

Calificación	Rango de valores de ICS
Excelente	0.91 a 1.0
Muy buena	0.71 a 0.9
Buena	0.51 a 0.7
Regular	0.26 a 0.5
Deficiente	0.0 a 0.25

Fuente: MARCELO (2017)

IV. RESULTADOS

4.1. Caracterización de los perfiles modales de las unidades de suelo en función del Soil Taxonomy

Se encontraron 09 diferentes Subgrupos en las 20 calicatas realizadas, se detallan a continuación:

4.1.1. Fluventic Eutrudepts

Según la Soil taxonomy se encuentra:

Orden: Inceptisols

Suborden: Udepts

Gran Grupo: Eutrudepts

Subgrupo: Fluventic Eutrudepts

Este subgrupo de suelo se ha encontrado en el sector Nueva Apuzana-S1 del distrito de José Crespo y Castillo, la cual tiene una textura franco arcilloso limoso de estructura micro granular, quiere decir entonces que son de agregados duros y firmes, son bastante resistentes, y cuando se hace polvo, la sensación a la mano es suave.

Según USDA (2014), indica que los Eutrudepts tienen las siguientes características: pendiente de 25%; espesor de menos de 0.5m de material transportado en la superficie de los horizontes; profundidad de 1.25m

abajo de la superficie del suelo, además tiene un contenido de carbono orgánico superior de 0.2%, y no tienen un adecuado contacto dénsico, lítico o paralítico; es necesario precisar que a una profundidad de 0.25m tiende a tener una irregular disminución en la concentración de carbono orgánico, así como a una profundidad de la superficie mineral, dénsico, lítico o paralítico hasta aproximadamente los 1.25m.

Sector N°05:	
Nueva Aspuzana-S1	
Coordenadas UTM:	369208 (E)
	9029698 (N)
Altura:	544 mmsnm
Profundidad:	1.00 m
Horizontes:	
*Horizonte O:	17 cm
*Horizonte A:	13 cm
*Horizonte B:	37 cm
*Horizonte C:	33 cm
Textura:	Franco Arcilloso Limoso
Estructura:	Micro granular
Color:	Gris Amarillento
Fisiografía:	Terrazas bajas de drenaje bueno a moderado, de tierras cálida a templada
Geología:	Depósitos aluviales recientes
Geomorfología:	Llanura de inundación fluvial
Clasificación Natural:	Fluventic Eutrudepts
Zona de Vida:	Bosque muy humedo Premontano Tropical(transicional a
Vegetación:	Complejo de vegetación de chacras y purmas
Capacidad de uso mayor	A2si
Presencia de raíces:	0.15m de profundidad
No se encontraron rocas	

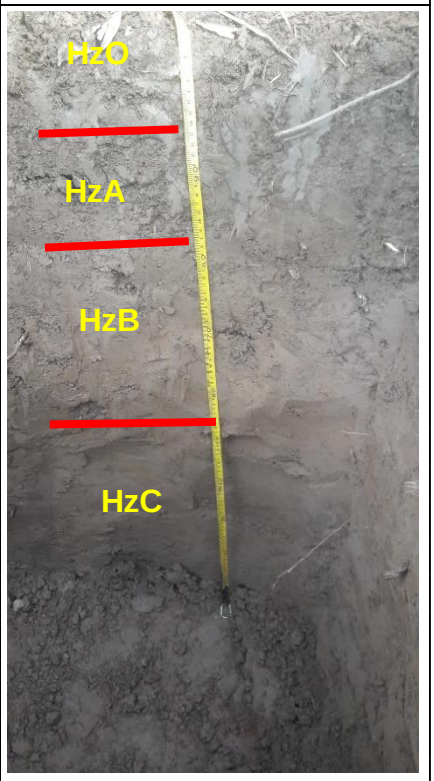


Figura 02. Resultado de la calicata del sector N°05 Nueva Apuzana-S1

En el sector se ha encontrado que los suelos son de moderadamente profundos a profundos y de textura franco limo a franco arcillo limoso, presentando perfiles débiles de AB y de ABC, son suelos que descansan sobre cantos rodados, corroborándose moderadamente con la ZEE (ZEE-GRH, 2017).

4.1.2. Lithic Udorthents

Sector N°04:	
Monte de los Olivos	
Coordenadas UTM:	365286 (E)
	8995818 (N)
Altura:	768 msnm
Profundidad:	1.00 m
Horizontes:	
*Horizonte O:	5 cm
*Horizonte A:	25 cm
*Horizonte B:	47 cm
*Horizonte C:	23 cm
Textura:	Arcillosa
Color:	Marrón
Fisiografía:	Montañas bajas de laderas extremadamente empinadas, de tierras cálida a templada
Geología:	Intrusivos granito granodioritas
Geomorfología:	Montañas y colinas ígneas intrusivas
Clasificación Natural:	Lithic Udorthents
Zona de Vida:	Bosque muy humedo Premontano Tropical(transicional a bosque)
Vegetación:	Complejo de flora de chacras y purmas
Capacidad de uso mayor	Xes
Presencia de raíces:	0.0m de profundidad
No se encontraron rocas	

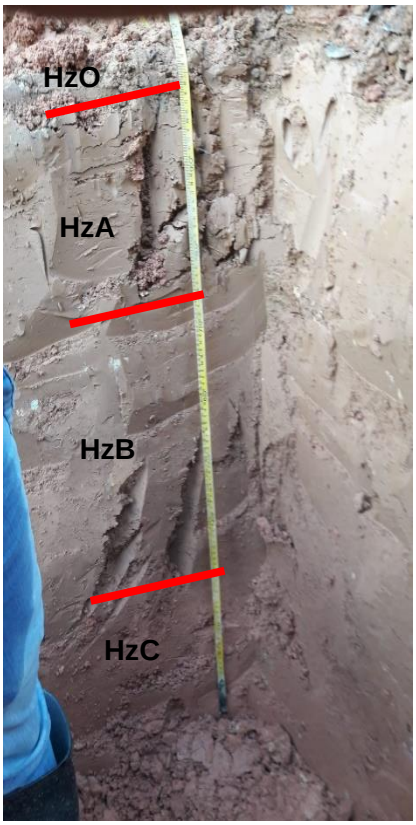


Figura 03. Resultado de la calicata del sector N°04 Monte de los Olivos

Según la Soil taxonomy se encuentra:

Orden: Entisols

Suborden: Orthents

Gran Grupo: Udorthents

Subgrupo: Lithic Udorthents

Este subgrupo de suelo se ha encontrado en el sector Monte de los Olivos del distrito de José Crespo y Castillo, la cual tiene una textura franco arcilloso limoso de estructura micro granular, quiere decir que son agregados de una consistencia de dura a resistentes, y también de dejarse romper con la mano y cuando se hacen polvo se siente bastante suaves.

Según USDA (2014), indica que los Udorthents, si tienen un contacto lítico dentro de los 0.5m en la superficie del suelo inorgánico se le denomina Lithic Udorthents y esto se puede observar en el sector Montes de los Olivos. En este sector se ha encontrado suelos Calera I y suelos Nipon, siendo suelos superficiales a muy superficiales con perfil edáfico ACR, con textura media de color pardo a rojo oscuro, estructura masiva gruesa y de consistencia firme, presentando permeabilidad media y buen drenaje, resultados corroborados por la zonificación económica y ecológica (ZEE-GRH, 2017).

4.1.3. Typic Dystrudepts

Según la Soil taxonomy se encuentra:

Orden: Inceptisols

Suborden: Udepts

Gran Grupo: Dystrudepts

Subgrupo: Typic Dystrudepts

Según USDA (2014), indica que los suelos del tipo Typic Dystrudepts están clasificados como Cambisoles, estas son originados a partir de depósitos aluviales residuales y antiguos, tienen materia moderadamente finos y se encuentran en terrazas medias y colinas de moderado drenaje; la flora natural lo conforma predominantemente las especies arbóreas de mediano valor comercial, aunque probablemente los bosque ya están sometidos a una intensiva selectiva extracción de las especies de valor comercial. De acuerdo a los resultados se han encontrado suelos de tipo Milano, esperanza, Inti, Leoncio Prado, Maroma, Naranjillo, Pacae y Vista Alegre, por lo general son suelos profundos a moderadamente profundos, de colores variados, las morfologías del perfil edáfico corresponden al tipo ABC, textura de franco a franco limoso y arcillosa, estructurada en bloques suba angulares gruesos fuerte y firme y en algunos sectores presentan contacto pedregoso, con evidencias claras de meteorización, también tiene permeabilidad moderada y buen drenaje, suelos desarrollados sobre materiales aluviales antiguos y coluviales en terrazas planas onduladas, colinas y en laderas de montañas, estos resultados corroboran a la zonificación económica y ecología (ZEE-GRH, 2017).

Este subgrupo de suelo se ha encontrado en el sector Nueva Colina del distrito de José Crespo y Castillo, la cual tiene una textura arcillosa, entonces quiere decir que son agregados duros y muy firmes, con buena resistencia. Cuando se hace, el suelo se siente áspera a la mano, esto es debido a los pequeños agregados en ellos.

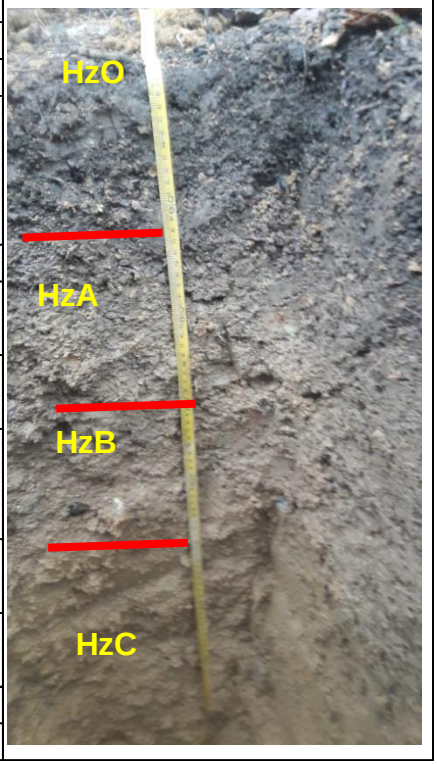
Sector N°07:		
Nueva Colina		
Coordenadas UTM:	374436 (E)	
	9006458 (N)	
Altura:	584 msnm	
Profundidad:	1.00 m	
Horizontes:		
*Horizonte O:	29 cm	
*Horizonte A:	25 cm	
*Horizonte B:	23 cm	
*Horizonte C:	23 cm	
Textura:	Franco Arcillosa	
Estructura:	Granular	
Color:	Cris amarillento	
Fisiografía:	Colinas altas de ligera a moderadamente disectadas, de tierras cálida a templada	
Geología:	Formación Ene	
Pendiente:	Montañas detríticas paleozoicas	
Clasificación Natural:	Typic Dystrudepts	
Zona de Vida:	bosque muy humedo Premontano Tropical(transicional a	
Vegetación:	Complejo de vegetación de chacras y purmas	
Capacidad de uso mayor	F3es - C3es	
Presencia de raíces:	0.1m de profundidad	
No se encontraron rocas		

Figura 04. Resultado de la calicata del sector N°07 Nueva Colina

También este subgrupo de suelo se ha encontrado en el sector San Isidro de Lamguermack del distrito de José Crespo y Castillo, la cual tiene una textura arcillosa, entonces quiere decir que son agregados que se rompen bajo presión moderada. Los terrones o trozos de suelo son considerados firmes; y cuando se polvea, la sensación no es ni áspera ni suave, se siente arenosa a medida que se manipula con la mano.

Sector N°11:	
San Isidro Languermack	
Coordenadas UTM:	375187 (E)
	9011032 (N)
Altura:	566 msnm
Profundidad:	1.00 m
Horizontes:	
***Horizonte O:**	0.12 m
***Horizonte A:**	0.27 m
***Horizonte B:**	0.20 m
***Horizonte C:**	0.41 m
Textura:	Franco
Estructura:	Micro granulado
Color:	Marrón claro
Fisiografía:	Terrazas medias de drenaje bueno a moderado, de tierras cálida a templada.
Geología:	Depósitos aluviales subrecientes.
Clasificación Natural:	Typic Dystrudepts.
Zona de Vida:	Bosque humedo Tropical (transicional a bosque muy humedo tropical).
Vegetación:	Bosques de colinas altas de la cordillera oriental.
Capacidad de uso mayor	A3s
Presencia de raíces:	0.30m de profundidad.
Se encontraron roca en pocas dimenciones 5%.	

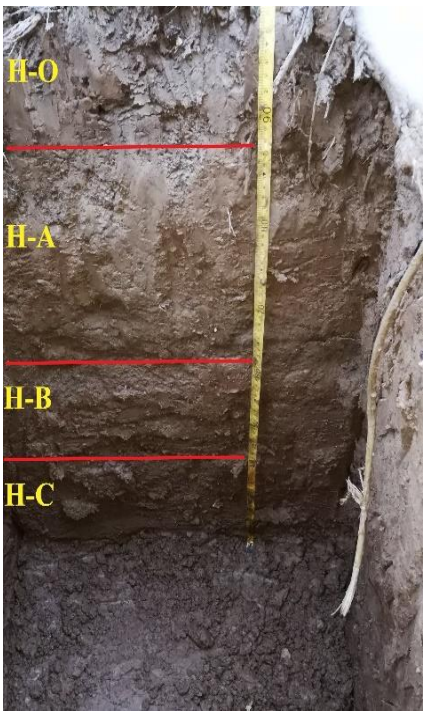


Figura 05. Resultado de la calicata del sector N°11 San Isidro de Lamguermack

También este subgrupo de suelo se ha encontrado en el sector Mantaro del distrito de José Crespo y Castillo, la cual tiene una textura arcillosa eso quiere decir que son agregados de característica dura y son bastante resistentes y cuando se hacen polvo se siente bastante suaves. Este tipo de suelo se ha encontrado en una fisiografía de terraza media de drenaje buena a

moderada, de tierra cálida a templada, por ello se ha encontrado aproximadamente de 07 a 10cm de napa freática.

Sector N°15:		
Mantaro		
Coordenadas UTM:	368360 (E)	
	9014435 (N)	
Altura:	571 msnm	
Profundidad:	1.00 m	
Horizontes:		
*Horizonte O:	0.20 m	
*Horizonte A:	0.80 m	
Textura:	Arcilloso	
Color:	Cris claro.	
Fisiografía:	Terrazas medias de drenaje bueno a moderado, de tierras cálida a templada.	
Geología:	Depósitos aluviales subrecientes.	
Clasificación Natural:	Typic Dystrudepts.	
Zona de Vida:	Bosque humedo Tropical(transicional a bosque muy humedo	
Vegetación:	Bosques de colinas altas de la cordillera oriental.	
Capacidad de uso mayor	F3es - C3es	
Presencia de raíces:	0.15m de profundidad.	

Figura 06. Resultado de la calicata del sector N°15 Mantaro

También este subgrupo de suelo se ha encontrado en el sector Pavayacu del distrito de José Crespo y Castillo, la cual tiene una textura arcillosa eso quiere decir que son agregados duros y firmes, son bastante resistentes a la mano, cuando se polvea, el suelo se siente áspera a la mano, debido a los pequeños agregados que se encuentran en el suelo. Este tipo de suelo se ha encontrado en una fisiografía de terraza media de drenaje buena a moderada,

de tierra cálida a templada, por ello se ha encontrado aproximadamente de 02 a 05cm de napa freática.

Sector N°20:	
Pavayacu	
Coordenadas UTM:	369213 (E)
	9022170 (N)
Altura:	546 msnm
Profundidad:	1.00 m
Horizontes:	
*Horizonte O:	0.15 m
*Horizonte A:	0.20 m
*Horizonte B:	0.30 m
*Horizonte C:	0.35 m
Textura:	Franco Arcilloso
Estructura:	Micro granular
Color:	Amarillento
Fisiografía:	Terrazas medias de drenaje bueno a moderado, de tierras cálida a templada.
Geología:	Depósitos aluviales subrecientes.
Clasificación Natural:	Typic Dystrudepts.
Zona de Vida:	Bosque humedo Tropical (transicional a bosque muy humedo tropical).
Vegetación:	Bosques de colinas altas de la cordillera oriental.
Capacidad de uso mayor	A3s
Presencia de raíces:	0.10m de profundidad.

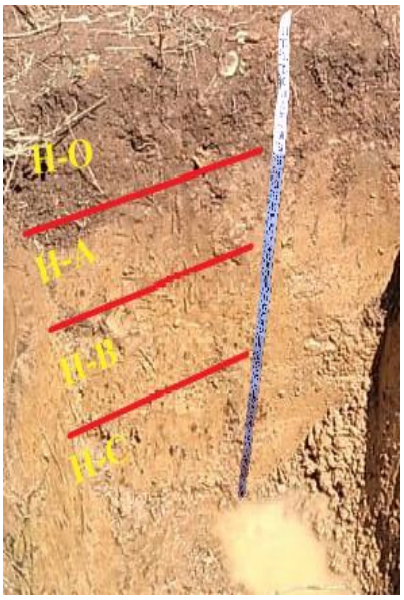


Figura 07. Resultado de la calicata del sector N°20 Pavayacu

4.1.4. Typic Dystrudepts - Lithic Udorthents

Según la Soil taxonomy se encuentra:

Orden: Inceptisols

Suborden: Udepts

Gran Grupo: Dystrudepts

Subgrupo: Typic Dystrudepts

Orden: Entisols

Suborden: Orthents

Gran Grupo: Udorthents

Subgrupo: Lithic Udorthents

Según USDA (2014), indica que los Typic Dystrudepts se clasifican como Cambisoles, estos son originados a partir de depósitos aluviales residuales y antiguos, con materia medianamente finos y por lo general se encuentran en terrazas medias y clinas de moderado drenaje; La flora natural está conformada por especies arbóreas de medio a buen valor comercial, aunque probablemente los arboles ya hayan sido sometido a una intensa y selectiva extracción de las mejores especies, y los Udorthents que tienen contacto lítico dentro de los 0.5m de la superficie del suelo inorgánico se le denomina Lithic Udorthents. y de acuerdo a los resultados se han encontrado suelos de tipo serie Vista Alegre, Inti, Milano, Maroma, Pacae, los suelos de estas series son profundos a moderadamente profundos con matices de colores variadas, las morfologías del perfil edáfico corresponden a los tipos ABC, con texturas de franco arcilloso, franco arenoso, arcilloso, franco arcillosos arenoso, arena franco y arcilloso, con estructuras en bloques sub angulares gruesos fuertes de consistencia dura y frme, y contacto pedregosos en algunos sectores con evidencias claras de meteorización, corroborando estos resultados a la zonificación económica y ecológica (ZEE-GRH, 2017).

Este subgrupo de suelo se ha encontrado en el sector La Primavera del distrito de José Crespo y Castillo, la cual este tiene una textura franco arcilloso, otra de sus características es que sus agregados son duros y firmes, con bastante resistencia a dejarse romper; y además cuando se hace polvo o pulveriza, al suelo se le siente áspera en la mano, esto es debido a que en el suelo todavía quedan restos de agregados.

Sector N°03:	
La Primavera	
Coordenadas UTM:	372616 (E)
	9014440 (N)
Altura:	600 msnm
Profundidad:	1.00 m
Horizontes:	
*Horizonte O:	29 cm
*Horizonte A:	25 cm
*Horizonte B:	18cm
*Horizonte C:	38 cm
Textura:	Franco Arcilloso
Estructura:	Micro Granular
Color:	Gris Amarillento
Fisiografía:	Colinas altas ligera a moderadamente disectada, de tierras cálida a templada
Geología:	Formación Ene
Geomorfología:	Montañas detríticas paleozoicas
Clasificación Natural:	Typic Dystrudepts - Lithic Udorthents
Zona de Vida:	Bosque humedo Tropical(transicional a bosque muy humedo Trop
Vegetación:	Complejo de vegetación de chacras y purmas
Capacidad de uso mayor	F3es - Xes
Presencia de raíces:	0.1m de profundidad
No se encontraron rocas	

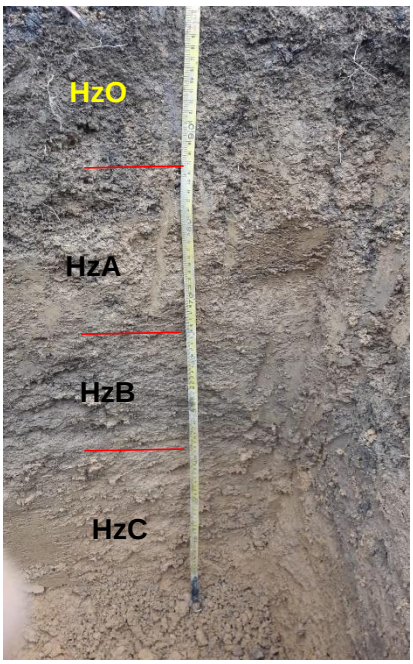


Figura 08. Resultado de la calicata del sector N°03 La Primavera

También este subgrupo de suelo se ha encontrado en el sector Alto Chimbote del distrito de José Crespo y Castillo, la cual tiene una textura franco arcilloso arenoso eso quiere decir que tiende a romperse fácilmente. A inicios la textura aparece suave, pero cuando que se manipula y frota, se empieza sentir una sensación arenosa. Estos suelos se encontraron fisiográficamente en las montañas bajas de ladera empinada, de tierra cálida a templada, y con una formación geológica de Yahuarango.

Sector N°13:	
Alto Chimbote	
Coordenadas UTM:	381130 (E)
	9016520 (N)
Altura:	638 msnm
Profundidad:	1.00 m
Horizontes:	
*Horizonte O:	0.8 m
*Horizonte A:	0.25 m
*Horizonte B:	0.45 m
*Horizonte C:	0.22 m
Textura:	Franco Arcilloso Arenoso.
Estructura:	Granulado
Color:	Rojizo.
Fisiografía:	Montañas bajas de laderas empinadas, de tierras cálida a templada.
Geología:	Formación Yahuarango.
Pendiente:	Varia de 25% a 50%
Clasificación Natural:	Typic Dystrudepts - Lithic Udorthents.
Zona de Vida:	Bosque humedo Tropical (transicional a bosque muy humedotropical).
Vegetación:	Bosques de colinas altas de la cordillera oriental.
Capacidad de uso mayor	C3es - Xes
Presencia de raíces:	0.35m de profundidad.
Se encontraron roca en pocas dimenciones 5%.	

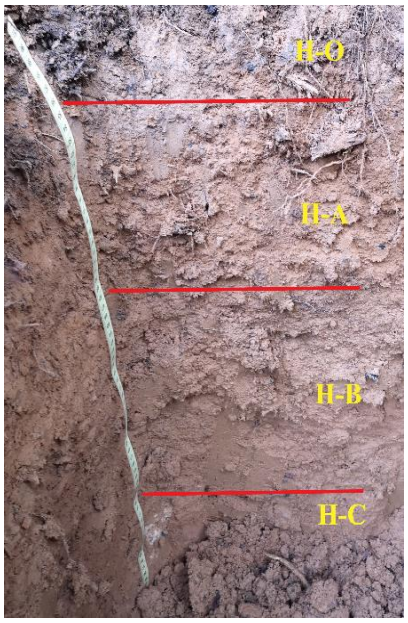


Figura 09. Resultado de la calicata del sector N°13 Alta Chimbote

También este subgrupo de suelo se ha encontrado en el sector La Colpa del distrito de José Crespo y Castillo, la cual tiene una textura franco arenoso eso quiere decir que cuando se frota con la mano se siente relativamente áspero, y da una sensación de presencia de pequeñas a finas. Si estas se dejan caer se dispersan las finas partículas con las brisas del viento. Estos suelos se encontraron fisiográficamente en las montañas bajas de ladera empinada, de tierra cálida a templada, y con una formación geológica de Chonta, la pendiente del sector varia de 25% a 50%.

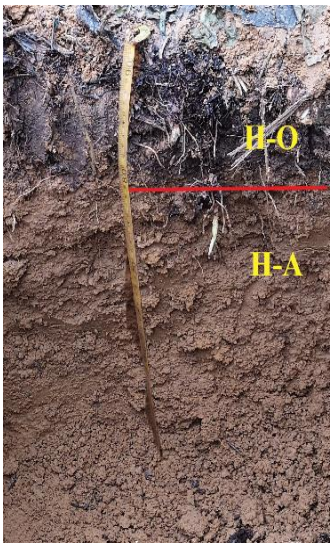
Sector N°14:		
La Colpa		
Coordenadas UTM:	387345 (E)	
	9013092 (N)	
Altura:	802 msnm	
Profundidad:	1.00 m	
Horizontes:		
*Horizonte O:	0.20 m	
*Horizonte A:	0.80 m	
Textura:	Franco Arenoso	
Estructura:	Micro granulado	
Color:	Amarillento.	
Fisiografía:	Montañas bajas de laderas empinadas, de tierras cálida a templada.	
Geología:	Formación Chonta.	
Pendiente:	Varia de 25% a 50%	
Clasificación Natural:	Typic Dystrudepts - Lithic Udorthents.	
Zona de Vida:	Bosque muy humedo Premontano Tropical (transicional a bosque).	
Vegetación:	Bosques de colinas altas de la cordillera oriental.	
Capacidad de uso mayor	C3es - Xes	
Presencia de raíces:	0.25m de profundidad.	

Figura 10. Resultado de la calicata del sector N°14 La Colpa

También este subgrupo de suelo se ha encontrado en el sector Alta Unión-S2 del distrito de José Crespo y Castillo, la cual tiene una textura franco arcilloso, quiere decir que son agregados duros y muy firmes, son de bastante resistencia, no se dejan romper fácilmente, cuando se hace polvo, el suelo se siente áspera, debido a los finos agregados. Estos suelos se encontraron fisiográficamente en las terrazas altas de drenaje muy pobre, y con una formación geológica de depósitos aluviales pleistocénicos.

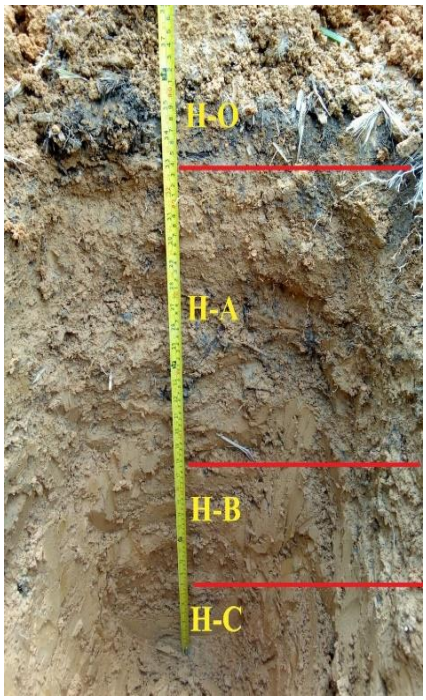
Sector N°17:		
Alto Unión S2		
Coordenadas UTM:	380519 (E)	
	9023981 (N)	
Altura:	776 msnm	
Profundidad:	1.00 m	
Horizontes:		
*Horizonte O:	0.06 m	
*Horizonte A:	0.39 m	
*Horizonte B:	0.25 m	
*Horizonte C:	0.30 m	
Textura:	Franco Arcilloso	
Estructura:	Micro granular	
Color:	Amarillento	
Fisiografía:	Terrazas altas de drenaje muy pobre, de tierras calida a templada.	
Geología:	Depósitos aluviales pleistocénicos.	
Clasificación Natural:	Typic Endoaquents.	
Zona de Vida:	Bosque muy humedo Premontano Tropical (transicional a bosque).	
Vegetación:	Bosques de colinas altas de la cordillera oriental.	
Capacidad de uso mayor	C3es - Xes	
Presencia de raíces:	0.40m de profundidad.	

Figura 11. Resultado de la calicata del sector N°17 Alta Unión S2

También este subgrupo de suelo se ha encontrado en el sector Túpac Amaru del distrito de José Crespo y Castillo, la cual tiene una textura arenosa franco, quiere decir que estos suelos al tacto se sienten ásperos, pero dan una sensación de presencia de partículas muy finas, si se deja caer este, se dispersan las partículas muy finas con la brisa o el viento. Estos suelos se encontraron fisiográficamente en las colinas altas ligera a moderadamente disectada, y con una formación geológica de Yahurango.

Sector N°18:	
Tupac Amaru	
Coordenadas UTM:	383332 (E)
	9008957 (N)
Altura:	675 msnm
Profundidad:	1.00 m
Horizontes:	
*Horizonte O:	0.10 m
*Horizonte A:	0.18 m
*Horizonte B:	0.50 m
*Horizonte C:	0.22 m
Textura:	Arena Franco
Estructura:	Micro granular
Color:	Amarillento
Fisiografía:	Colinas altas ligera a moderadamente disectada, de tierras cálida a templada.
Geología:	Formación Yahuarango.
Pendiente:	Varia de 15% a 25%
Clasificación Natural:	Typic Dystrudepts - Lithic Udorthents.
Zona de Vida:	Bosque humedo Tropical (transicional a bosque muy humedo tropical).
Vegetación:	Bosques de colinas altas de la cordillera oriental.
Capacidad de uso mayor	F3es - Xes
Presencia de raíces:	0.10m de profundidad.

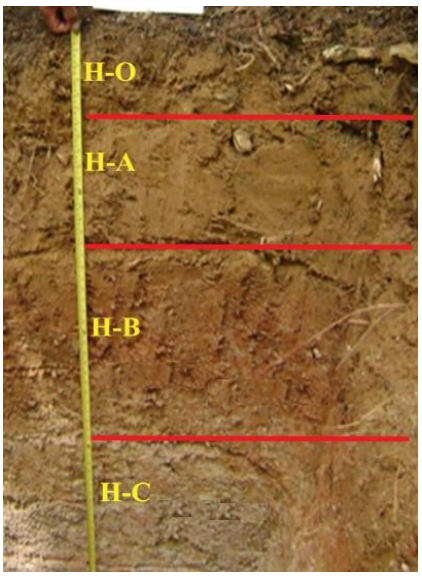


Figura 12. Resultado de la calicata del sector N°18 Túpac Amaru

También este subgrupo de suelo se ha encontrado en el sector La Victoria del distrito de José Crespo y Castillo, la cual tiene una textura franco arenoso eso quiere decir que se rompe con facilidad. A inicios la textura se presenta suave, pero en el tiempo empieza a dominar una sensación arenosa. Estos suelos se encontraron fisiográficamente en las montañas bajas de laderas empinadas de tierras cálidas a templadas, y con una formación geológica Chonta, y con una pendiente que varía de 25% a 50%.

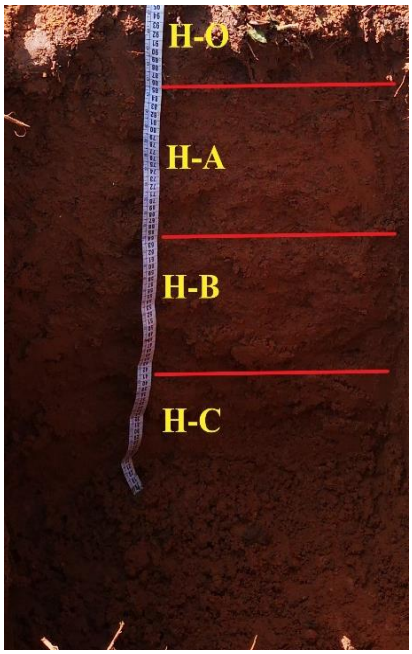
Sector N°19:		
La Victoria		
Coordenadas UTM:	379121 (E)	
	9018417 (N)	
Altura:	581 msnm	
Profundidad:	1.00 m	
Horizontes:		
*Horizonte O:	0.16 m	
*Horizonte A:	0.21 m	
*Horizonte B:	0.22 m	
*Horizonte C:	0.41 m	
Textura:	Franco arenoso	
Estructura:	Micro granular	
Color:	Rojizo.	
Fisiografía:	Montañas bajas de laderas empinadas, de tierras cálida a templada.	
Geología:	Formación Chonta.	
Pendiente:	Varia de 25% a 50%	
Clasificación Natural:	Typic Dystrudepts - Lithic Udorthents.	
Zona de Vida:	Bosque humedo Tropical (transicional a bosque muy humedo tropical).	
Vegetación:	Bosques de colinas altas de la cordillera oriental.	
Capacidad de uso mayor	C3es - Xes	
Presencia de raíces:	0.10m de profundidad.	

Figura 13. Resultado de la calicata del sector N°19 La Victoria

También este subgrupo de suelo se ha encontrado en el sector Alta Corvina del distrito de José Crespo y Castillo, la cual tiene una textura arcillosa eso quiere decir que son agregados de consistencia firme y dura con mucha resistencia, no dejándose romper fácilmente, cuando se hace polvo se sienten bastante suaves. Estos suelos se encontraron fisiográficamente en las montañas bajas de laderas muy empinadas de tierras cálidas a templadas, y con una formación geológica Ene, y con una pendiente que varía de 45% a más.

Sector N°01:	
Alta Corvina	
Coordenadas UTM:	371583 (E)
	9002325 (N)
Altura:	663 msnm
Profundidad:	1.00 m
Horizontes:	
*Horizonte A:	20 cm
*Horizonte B:	18 cm
*Horizonte C:	52 cm
Textura:	Arcilloso
Color:	Rojizo
Fisiografía:	Montañas bajas de laderas muy empinadas, de tierras cálida a templada
Geología:	Formación Ene
Geomorfologia:	Montañas detríticas paleozoicas
Clasificación Natural:	Typic Dystrudepts - Lithic Udotthents
Zona de Vida:	bosque muy humedo Premontano Tropical(transicional a bosque
Vegetación:	Complejo de flora de chacras y purmas
Capacidad de uso mayor	F3es - Xes
Presencia de raíces:	0.1m de profundidad
No se encontraron rocas	

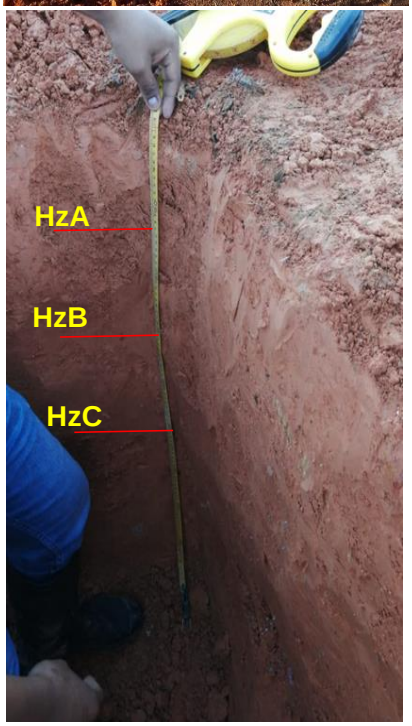


Figura 14. Resultado de la calicata del sector N°01 Alta Corvina

4.1.5. Typic Dystrudepts - Typic Endoaquents

Según la Soil taxonomy se encuentra:

Orden:	Inceptisols
Suborden:	Udepts
Gran Grupo:	Dystrudepts
Subgrupo:	Typic Dystrudepts
Orden:	Entisols
Suborden:	Aquents
Gran Grupo:	Endoaquents
Subgrupo:	Typic Endoaquents

Según DINTUIPHAI (2020), indican que los Typic Dystrudetps se fija en suelos que son moderadamente profundos o profundos a roca dura, son libremente drenados y ácidos, y el subgrupo Typic Endoaquepts se fija en suelos predominantemente grises con endosaturación. El alto croma en algunos sub-horizontes es la base para la definición del subgrupo Aeric. Los suelos que tienen capas con algunas propiedades de suelo andico se excluyen del subgrupo Typic porque tales capas indican un integrado a Aquands y estas características se encontraron en el sector Nueva Apuzana S2. De acuerdo a los resultados se encontraron suelos de serie Aguajal y de serie Gavilán, estas presentan perfiles modales sin desarrollo genético de tipo AC, son suelos muy superficiales a superficiales, de drenaje muy pobre, son de textura arcilloso, franco, franco arcillo arenoso, franco arenoso y arcilloso, originados a partir de depósitos

aluviales sub recientes, corroborando los resultados con la zonificación económica y ecológica (ZEE-GRH, 2017).

Sector N°06:	
Nueva Aspuzana - S2	
Coordenadas UTM:	370643 (E)
	9028550 (N)
Altura:	540 msnm
Profundidad:	1.00 m
Horizontes:	
*Horizonte O:	5 cm
*Horizonte A:	32 cm
*Horizonte B:	24 cm
*Horizonte C:	39 cm
Textura:	Franco arenosa
Estructura:	Micro granular
Color:	Marrón
Fisiografía:	Terrazas medias de drenaje imperfecto a pobre, de tierras cálida a templada
Geología:	Depósitos aluviales subrecientes
Geomorfología:	Llanura no inundable pleistocénica
Clasificación Natural:	Typic Dystrudepts - Typic Endoaquents
Zona de Vida:	bosque muy humedo Premontano Tropical(transicional a
Vegetación:	Complejo de vegetación de chacras y purmas
Capacidad de uso mayor	A3s - Xsw
Presencia de raíces:	0.1m de profundidad
No se encontraron rocas	

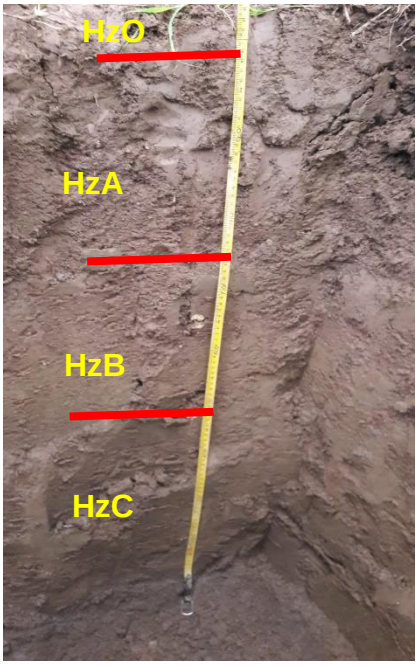


Figura 15. Resultado de la calicata del sector N°06 Nueva Apuzana S2

Este subgrupo de suelo se ha encontrado en el sector Nueva Aspuzana-S2 del distrito de José Crespo y Castillo, la cual tiene una textura Franco arenosa eso quiere decir que se rompe con mucha facilidad. A inicios la textura se siente suave, pero a medida que se manipula, empieza a sentirse

arenosa. Estos suelos se encontraron fisiográficamente en terrazas medias de drenaje imperfecto a pobre, y con formación geológica de depósitos aluviales.

4.1.6. Typic Endoaquents

Sector N°02:	
Alto Union S1	
Coordenadas UTM:	370050 (E)
	9027220 (N)
Altura:	547 msnm
Profundidad:	1.00 m
Horizontes:	
*Horizonte O:	45 cm
*Horizonte A:	26 cm
*Horizonte B:	20 cm
*Horizonte C:	9 cm
Textura:	Franco Arcilloso Arenoso
Estructura:	Granulado
Color:	Gris Amarillenta
Fisiografía:	Terrazas altas de drenaje muy pobre, de tierras calida a templada
Geología:	Depósitos aluviales pleistocénicos
Geomorfologia:	Planicie erosiva pleistocénica
Clasificación Natural:	Typic Endoaquents
Zona de Vida:	bosque muy humedo Premontano Tropical(transicional a
Vegetación:	Complejo de vegetación de chacras y purmas
Capacidad de uso mayor	Xsw
Presencia de raíces:	0.1m de profundidad
No se encontraron rocas	

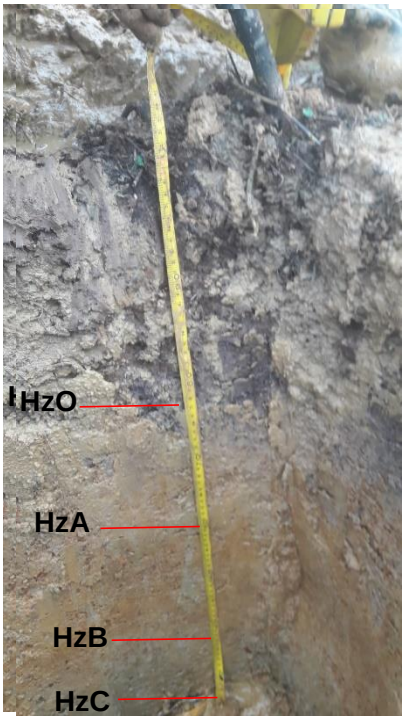


Figura 16. Resultado de la calicata del sector N°02 Alta Unión S1

Según la Soil taxonomy se encuentra:

Orden: Entisols

Suborden: Aquents

Gran Grupo: Endoaquents

Subgrupo: Typic Endoaquents

Según USDA (2014) el Typic Endoaquepts se fija en suelos predominantemente grises con endosaturación; este subgrupo de suelo se ha encontrado en el sector Alto Unión-S1 del distrito de José Crespo y Castillo, la cual tiene una textura franco arcilloso arenoso eso quiere decir que se rompe con mucha facilidad. A inicios la textura es suave, pero a medida que se manipula, empieza a sentirse arenosa. Estos suelos se encontraron fisiográficamente en terrazas altas de drenaje muy pobre, y con una formación geológica de depósitos aluviales pleistocénica.

4.1.7. Typic Eutrudepts - Typic Eutrudepts

Según la Soil taxonomy se encuentra:

Orden: Inceptisols

Suborden: Udepts

Gran Grupo: Eutrudepts

Subgrupo: Typic Eutrudepts

Orden: Inceptisols

Suborden: Udepts

Gran Grupo: Eutrudepts

Subgrupo: Typic Eutrudepts

Según USDA (2014), los Typic Eutrudepts se fija en suelos profundos, más o menos drenados, arcillosos o arcillosos que tienen un epipedón

ocrico y algunos carbonatos libres, pero no una gran cantidad, dentro de los 1.0m de la superficie del suelo. Los suelos que tienen un manto delgado o una capa que tiene algunas propiedades de suelo andico se excluyen del subgrupo Typic porque se consideran integrados con los andisoles y los cuales presentaron 2 subgrupos del distrito José Crespo Castillo y además presenta un bajo nivel de Potencial REDOX.

Sector N°10:	
Las Mercedes	
Coordenadas UTM:	376077 (E)
	9017554 (N)
Altura:	555 msnm
Profundidad:	1.00 m
Horizontes:	
*Horizonte O:	0.10 m
*Horizonte A:	0.12 m
*Horizonte B:	0.26 m
*Horizonte C:	0.52 m
Textura:	Franco arenoso
Estructura:	Micro granular
Color:	Marrón
Fisiografía:	Terrazas bajas de drenaje bueno a moderado, de tierras cálida a templada.
Geología:	Depósitos aluviales pleistocénicos
Geomorfología:	Planicie erosiva pleistocénica
Clasificación Natural:	Fluventic Eutrudepts.
Zona de Vida:	Bosque humedo Tropical (transicional a bosque muy humedo tropical).
Vegetación:	Bosques de colinas altas de la cordillera oriental.
Capacidad de uso mayor	A2s
Presencia de raíces:	0.20m de profundidad.
No se encontraron rocas	

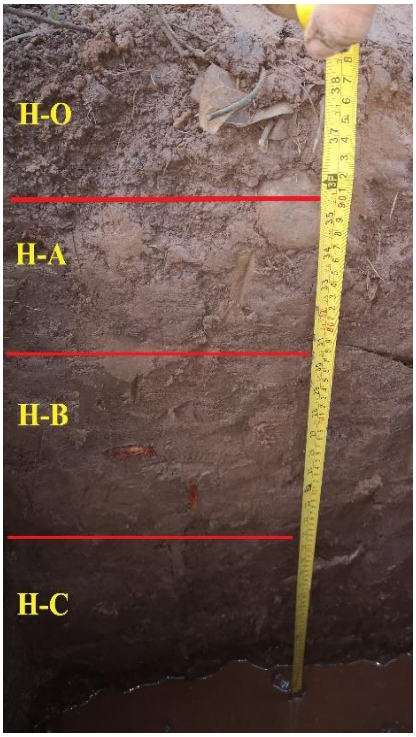


Figura 17. Resultado de la calicata del sector N°10 Las Mercedes

Este subgrupo de suelo se ha encontrado en el sector Las Mercedes del distrito de José Crespo y Castillo, la cual tiene una textura franco arenoso eso quiere decir que se rompe con facilidad. A inicios la textura es suave, pero a medida que se manipula, empieza a sentirse arenosa. Estos suelos se encontraron fisiográficamente en terrazas bajas de drenaje bueno a moderado, y con una formación geológica de depósitos aluviales pleistocénica.

Sector N°16:	
Cotomonillo	
Coordenadas UTM:	376174 (E)
	9020648 (N)
Altura:	550 msnm
Profundidad:	100 m
Horizontes:	
*Horizonte O:	0.07 m
*Horizonte A:	0.11 m
*Horizonte B:	0.20 m
*Horizonte C:	0.62 m
Textura:	Franco
Estructura:	Micro granular
Color:	Cris claro
Fisiografía:	Terrazas altas ligera a moderadamente disectadas, de tierras cálida a templada.
Geología:	Depósitos aluviales pleistocénicos.
Clasificación Natural:	Typic Eutrudepts - Typic Eutrudepts.
Zona de Vida:	Bosque humedo Tropical (transicional a bosque muy humedo tropical).
Vegetación:	Bosques de colinas altas de la cordillera oriental.
Capacidad de uso mayor	A2s
Presencia de raíces:	0.55m de profundidad.

Figura 18. Resultado de la calicata del sector N°10 Cotomonillo

También este subgrupo de suelo se ha encontrado en el sector Cotomonillo del distrito de José Crespo y Castillo, la cual tiene una textura Franco

eso quiere decir que son agregados que bajo presión moderada se rompen. Los terrones tienden a ser firmes, cuando se hace polvo, se siente ni áspera ni suave y se siente arenosa a medida que se manipula. Estos suelos se encontraron fisiográficamente en terrazas altas ligera a moderadamente disectada, y con una formación geológica de depósitos aluviales pleistocénica.

De acuerdo a los resultados obtenidos se encontraron los suelos de tipo de serie San José y Pueblo Nuevo, las cuales son suelos moderadamente profundos a profundos, de color variado, la morfología del perfil edáfico corresponde al del tipo ABC, y estructurada en bloques sub angulares medio fuerte de consistencia firme y muy friables, de textura franco arcillosa, franco limosa, y el horizonte C está representado por un masivo en diferente estado de meteorización, resultados que corroboran a la ZEE (ZEE-GRH, 2017).

4.1.8. Typic Udifluvents

Según la Soil taxonomy se encuentra:

Orden: Entisols

Suborden: Fluvents

Gran Grupo: Udifluvents

Subgrupo: Typic Udifluvents

Según USDA (2014), estos Subgrupos de Typic Udifluvents tienen un drenaje moderadamente bueno o bueno. Ocurren en áreas relativamente altas en llanuras de inundación. De acuerdo a los resultados los suelos son de tipo de serie Codo, Monzón y Capirona, originados de sedimentos fluviales recientes, presentan perfiles modales sin desarrollo genético, son suelos

profundos moderados y son de medio a buen drenaje, textura franco arenoso y franco arcilloso arenoso, resultados corroborados por la ZEE (ZEE-GRH, 2017).

Sector N°09:	
Santa Isabela	
Coordenadas UTM:	374696 (E)
	9024957 (N)
Altura:	545 msnm
Profundidad:	1.00 m
Horizontes:	
*Horizonte O:	10 cm
*Horizonte A:	27 cm
*Horizonte B:	34 cm
*Horizonte C:	29 cm
Textura:	Franco
Estructura:	Micro granular
Color:	Cris claro
Fisiografía:	Islas, de tierras cálidas a templadas
Geología:	Depósitos aluviales recientes
Geomorfología:	Islas
Clasificación Natural:	Typic Udifluvents
Zona de Vida:	Bosque humedo Tropical(transicional a bosque muy humedo Troprical)
Vegetación:	Complejo de vegetación de chacras y purmas
Capacidad de uso mayor	A3si
Presencia de raíces:	0.2m de profundidad
No se encontraron rocas	

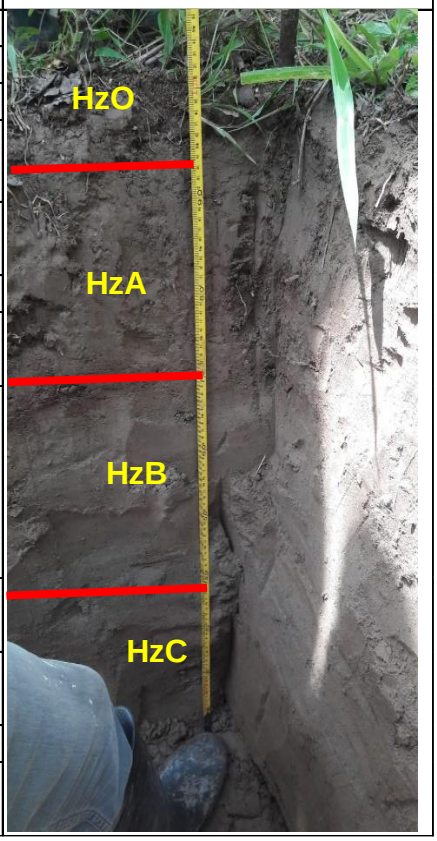


Figura 19. Resultado de la calicata del sector N°09 Santa Isabela

Este subgrupo de suelo se ha encontrado en el sector Santa Isabela del distrito de José Crespo y Castillo, una de sus características es que tiene una textura franco, entones quiere decir que son agregados que a baja presión se

rompen. Los terrones son duros y firmes, y cuando se hace polvo, se sienten ni áspera ni suave, y se hace arenosa a medida que se manipula. Estos suelos se encontraron fisiográficamente en islas, y con una formación geológica de depósitos aluviales recientes.

4.1.9. Typic Udorthents

Según la Soil taxonomy se encuentra:

Orden: Entisols

Suborden: Orthents

Gran Grupo: Udorthents

Subgrupo: Typic Udorthents

Según USDA (2014), los subgrupos de Typic Udorthents se fijan en suelos que son poco profundos a rocas débilmente cementadas o profundas o moderadamente profundas a rocas y que tienen aguas subterráneas profundas y poca actividad animal. De acuerdo a los resultados los suelos son del tipo Carpish, Cascarilla y Lomas, estos suelos están desarrollados sobre materiales coluviales y residuales en laderas de montaña y colinas, incluyendo lomadas, son suelos superficiales, son profundos a moderadamente profundos, sin desarrollo genético, textura franco arenoso y arcilloso, permeabilidad moderada y buen drenaje, presencia de un contacto de cantos rodados, estructura masiva moderada y medio y consistencia friable, los suelos muy superficiales están limitadas por una capa endurecida de areniscas y materia orgánica.

Este subgrupo de suelo se ha encontrado en el sector Nuevo Horizonte del distrito de José Crespo y Castillo, una de sus características es

que tiene una textura arcilloso, quiere decir que son agregados muy resistentes, por lo que tienen una consistencia dura y no se dejan romper con mucha facilidad, cuando se hace polvo se sienten muy suaves. Estos suelos se encontraron fisiográficamente en valles intermontano de drenaje bueno a moderado, con una formación geológica de depósitos aluviales recientes, tiene una geomorfología de fondo de valle fluvial, y encontrándose en una zona de vida de bosque húmedo Tropical

Sector N°08:	
Nuevo Horizonte	
Coordenadas UTM:	364707 (E)
	8992950 (N)
Altura:	647 msnm
Profundidad:	1.00 m
Horizontes:	
*Horizonte O:	15 cm
*Horizonte A:	26 cm
*Horizonte B:	25 cm
*Horizonte C:	34 cm
Textura:	Arcilloso
Color:	Gris amarillento
Fisiografía:	Valle intermontano de drenaje bueno a moderado, de tierras cálida a templada
Geología:	Depósitos aluviales recientes
Geomorfología:	Fondo de valle fluvial
Clasificación Natural:	Typic Udorthents
Zona de Vida:	bosque humedo Tropical(transicional a bosque muy humedo Trop
Vegetación:	Complejo de vegetación de chacras y purmas
Capacidad de uso mayor	C3es - F3es
Presencia de raíces:	0.2m de profundidad
No se encontraron rocas	

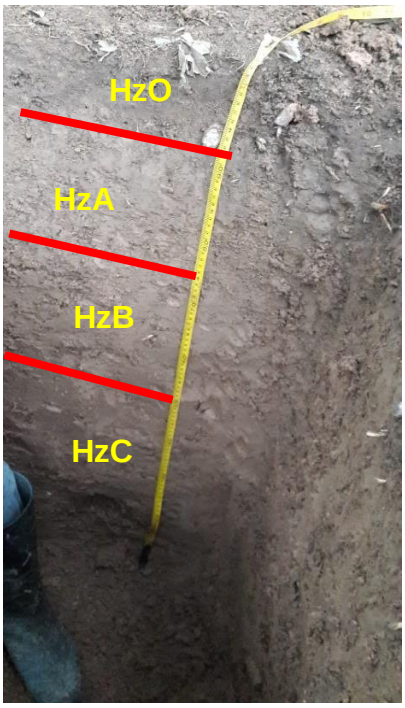


Figura 20. Resultado de la calicata del sector N°08 Nuevo Horizonte

También este subgrupo de suelo se ha encontrado en el sector Bolognesi del distrito de José Crespo y Castillo, la cual tiene una textura franco arenoso eso quiere decir que se rompe con mucha facilidad. A inicios la textura se siente bastante suave, pero en el tiempo cuando se manipula, empieza a sentirse arenosa. Estos suelos se encontraron fisiográficamente en terrazas bajas de drenaje bueno a moderado, y con una formación geológica de depósitos aluviales recientes.

Sector N°12:	
Bolognesi	
Coordenadas UTM:	370122 (E)
	9007423 (N)
Altura:	597 msnm
Profundidad:	1.00 m
Horizontes:	
*Horizonte O:	0.12 m
*Horizonte A:	0.50 m
*Horizonte B:	0.25 m
*Horizonte C:	0.25 m
Textura:	Franco Arenoso
Estructura:	Micro granulado
Color:	Amarillento.
Fisiografía:	Terrazas bajas de drenaje bueno a moderado, de tierras cálida a templada.
Geología:	Depósitos aluviales recientes.
Clasificación Natural:	Fluventic Eutrudepts.
Zona de Vida:	Bosque humedo Tropical (transicional a bosque muy humedotropical).
Vegetación:	Bosques de colinas altas de la cordillera oriental.
Capacidad de uso mayor	C3es - F3es
Presencia de raíces:	0.10m de profundidad.
Se encontraron roca en pocas dimenciones 5%.	

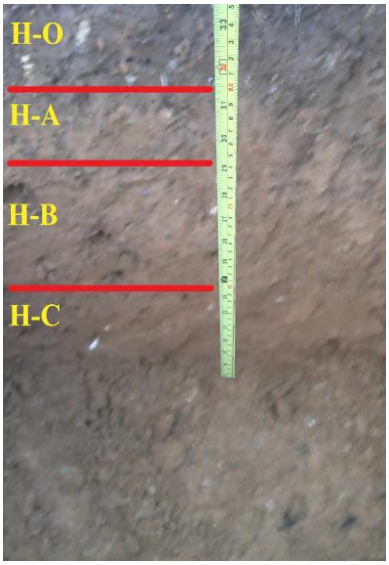


Figura 21. Resultado de la calicata del sector N°12 Bolognesi

4.2. Propiedades fisicoquímicas del suelo del en función de Soil Taxonomy y contraste con el ECA suelo Cd

Se promedió los datos de los análisis fisicoquímicos correctamente en función de la Soil Taxonomy con 08 subgrupos en 02 órdenes diferentes encontrados.

Cuadro 12. Análisis fisicoquímico promedio en función de la Soil Taxonomy

Parámetro	Unidad	Valores
pH	1:1	5.46
Materia orgánica	%	1.37
Nitrógeno	%	0.07
Fosforo disponible	ppm	7.06
Potasio disponible	ppm	74.69
Cadmio disponible	ppm	0.13
CIC	Cmol(+)Kg	10.93
Calcio	Cmol(+)Kg	5.29
Magnesio	Cmol(+)Kg	1.23
Potasio	Cmol(+)Kg	0.26
Sodio	Cmol(+)Kg	0.22
Aluminio	Cmol(+)Kg	2.88
Hidrógeno	Cmol(+)Kg	0.30
CICe	Cmol(+)Kg	8.66
Bas. Camb	%	76.37
Ac. Camb	%	23.63
Sat.Al	%	21.48

4.2.1. Análisis mecánico

En el Cuadro 13 se describe el análisis mecánico el cual incluye al porcentaje de arena, arcilla y limo según su respectivo subgrupo de la Soil taxonomy, observando que el mayor porcentaje de arena se encuentra en el subgrupo de los Typic Endoaquents, mientras el mayor porcentaje en arcilla se

encuentra en el subgrupo de Lithic Urdothents y el mayor porcentaje de limo se encuentra en el subgrupo de Fluventic Eutrudepts.

Cuadro 13. Análisis mecánico según la soil taxonomy

Clasificación	Arena %	Arcilla %	Limo %
Fluventic Eutrudepts	29.67	30.00	40.33
Lithic Udorthents	21.00	46.00	33.00
Typic Dystrudepts	37.80	23.60	38.60
Typic Dystrudepts - Lithic Udorthents	41.94	32.35	25.71
Typic Dystrudepts - Typic Endoaquents	47.22	23.78	29.00
Typic Endoaquents	53.00	21.00	26.00
Typic Udifluvents	49.00	14.00	37.00
Typic Udorthents	38.00	35.00	27.00

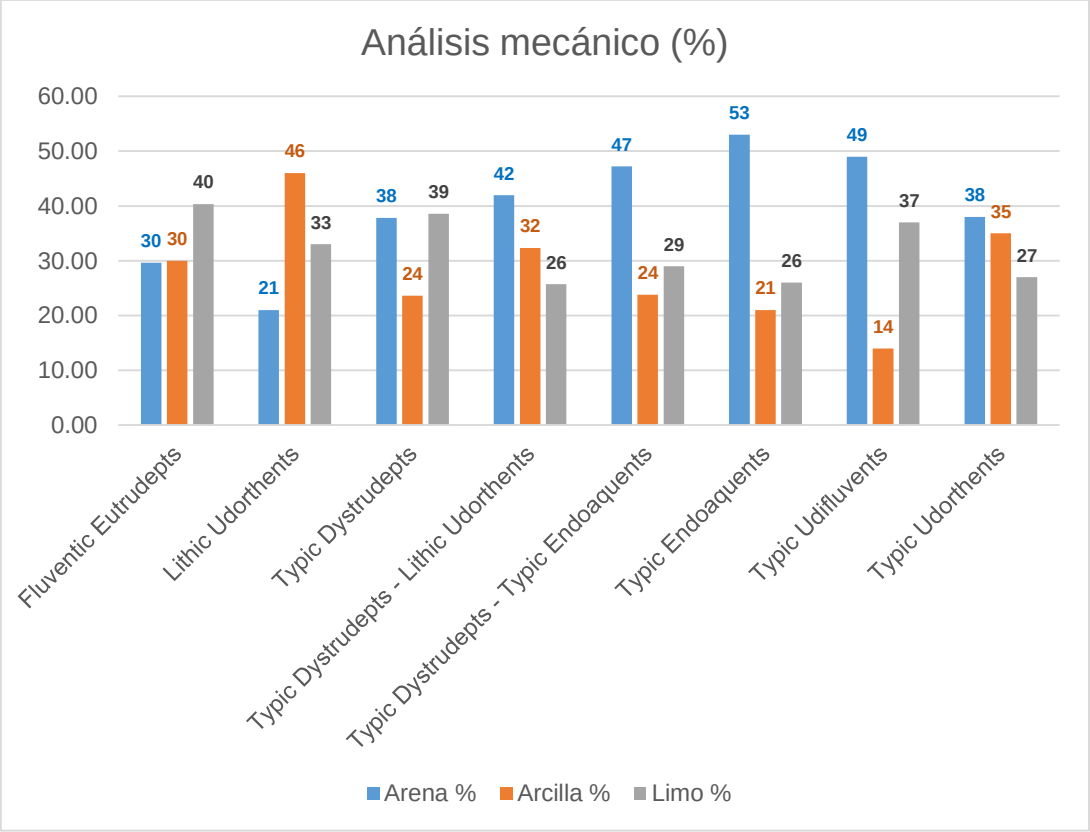


Figura 22. Análisis mecánico de suelo según su Soil taxonomy

4.2.2. Análisis de pH

En el Cuadro 14 se observa los diferentes niveles de pH en el suelo de José Crespo Castillo, el suelo con mayor pH lo presenta el subgrupo Typic Udifluvents y según Cuadro 10, este suelo se encuentra en el rango de ligeramente básico y el menor valor lo presenta el subgrupo Lithic Udorthents encontrándose en el rango de Fuertemente ácido. La Figura 23 presenta la variación de los datos mediante una gráfica de barras con un coeficiente de determinación aproximada de R^2=0.0542, esto quiere decir que los valores presentan un alto grado de variación entre los diferentes subgrupos.

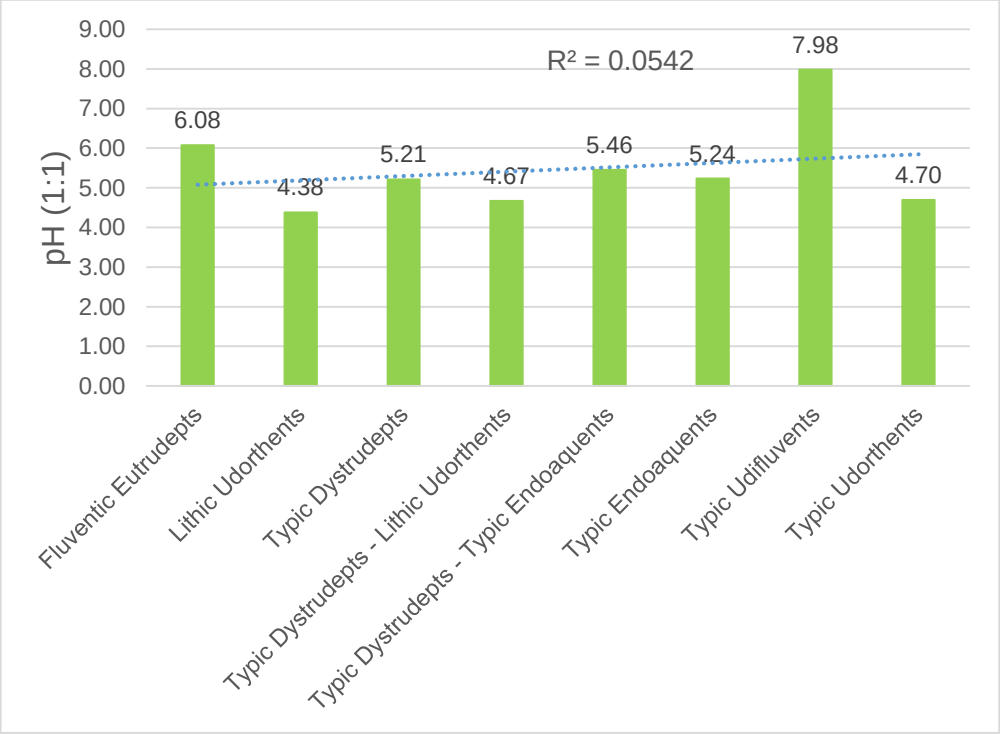


Figura 23. Análisis del pH del suelo según su Soil taxonomy

Cuadro 14. Análisis del pH según la soil taxonomy

Clasificación	pH (1:1)
Fluventic Eutrudepts	6.08

Lithic Udorthents	4.38
Typic Dystrudepts	5.21
Typic Dystrudepts - Lithic Udorthents	4.67
Typic Dystrudepts - Typic Endoaquents	5.46
Typic Endoaquents	5.24
Typic Udifluvents	7.98
Typic Udorthents	4.70

4.2.3. Materia orgánica (%)

En el Cuadro 15 se observa los diferentes porcentajes de materia orgánica en los diferentes subgrupos de suelos de la Soil taxonomy, presentándose el mayor porcentaje de materia orgánica en el subgrupo de Typic Dystrudepts - Lithic Udorthents, además se observa que ningún valor supera el 2% por lo que se puede decir que el suelo presenta una calidad baja según el Cuadro 08. Además, en la Figura 24 se observa el coeficiente de determinación de R^2=0.0096 por lo que quiere decir que los valores presentan un alto grado de variación entre los diferentes subgrupos.

Cuadro 15. Análisis de la materia orgánica según la Soil taxonomy

Clasificación	Materia Orgánica (%)
Fluventic Eutrudepts	1.31
Lithic Udorthents	1.31
Typic Dystrudepts	0.99
Typic Dystrudepts - Lithic Udorthents	1.70
Typic Dystrudepts - Typic Endoaquents	1.67
Typic Endoaquents	1.55
Typic Udifluvents	1.23
Typic Udorthents	1.25

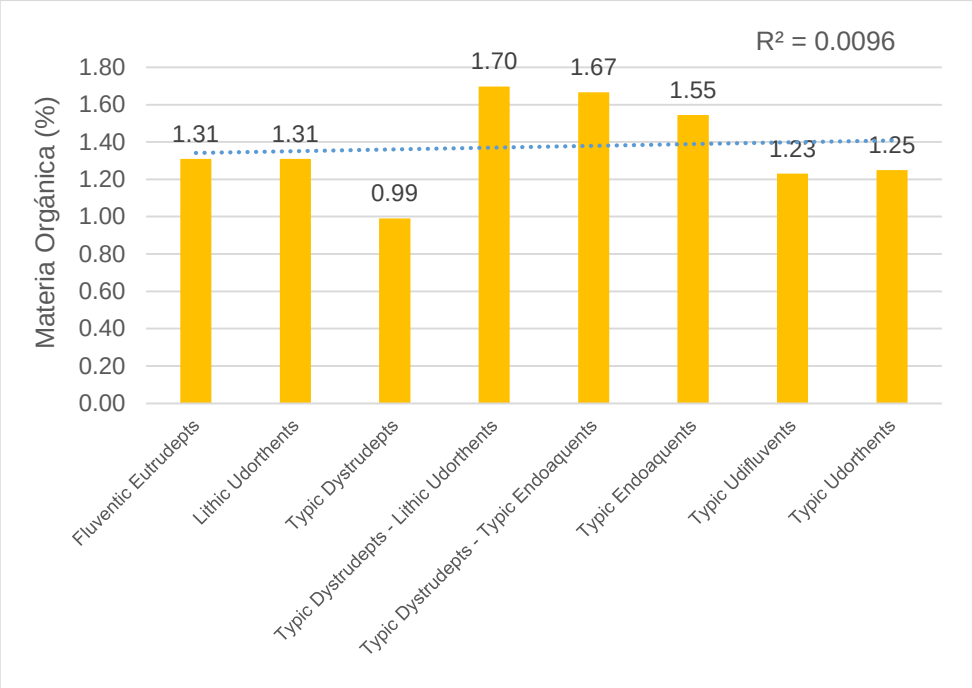


Figura 24. Materia orgánica según su Soil taxonomy

4.2.4. Nitrógeno (%)

En el Cuadro 16 se observa que el máximo valor se encuentra en varios subgrupos de suelos con un valor de 0.08%, y según el Cuadro 8 se encuentra en el intervalo < 0.1, entonces quiere decir que los suelos son de calidad baja, por lo que paralelamente concuerdan con el porcentaje de materia orgánica. El coeficiente de determinación (Figura 25) es de R^2=0.0004 por los que los valores de los subgrupos de suelos no tienen mucha relación o existe demasiada variación entre ellas.

Cuadro 16. Análisis del Nitrógeno según la Soil taxonomy

Clasificación	Nitrógeno (%)
Fluventic Eutrudepts	0.06
Lithic Udorthents	0.07
Typic Dystrudepts	0.05
Typic Dystrudepts - Lithic Udorthents	0.08

Typic Dystrudepts - Typic Endoaquents	0.08
Typic Endoaquents	0.08
Typic Udifluvents	0.06
Typic Udorthents	0.06

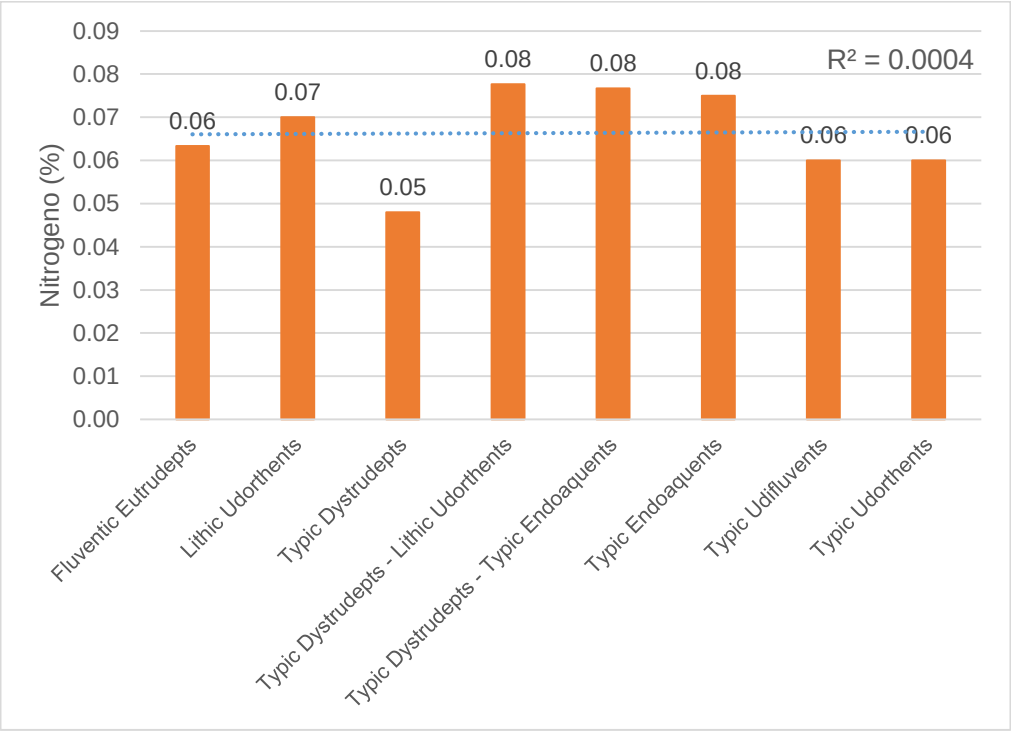


Figura 25. Nitrógeno según su Soil taxonomy

4.2.5. Fosforo disponible (ppm)

En el Cuadro 17 se observa que el máximo valor se encuentra en el subgrupo Typic Dystrudepts - Typic Endoaquents y el menor valor en el subgrupo de Lithic Udorthents, estos resultados están en dos intervalos (Cuadro 08): < 7 ppm y 7-14 ppm, significando que los suelos son de baja y media calidad, por lo que consecuentemente los suelos de José Crespo Castillo se encuentran degradadas considerablemente, lo que corrobora a lo observado en el trabajo de campo realizado en los diferentes sectores del distrito. El coeficiente

de determinación (Figura 26) es de aproximadamente R^2=0.0017, indicando que los valores de los subgrupos de suelos no tienen mucha relación y/o existe demasiada variación estadística entre ellas.

Cuadro 17. Análisis del Nitrógeno según la Soil taxonomy

Clasificación	Fósforo (P) disponible (ppm)
Fluventic Eutrudepts	8.90
Lithic Udorthents	2.07
Typic Dystrudepts	7.36
Typic Dystrudepts - Lithic Udorthents	5.53
Typic Dystrudepts - Typic Endoaquents	10.58
Typic Endoaquents	4.37
Typic Udifluvents	7.53
Typic Udorthents	5.01

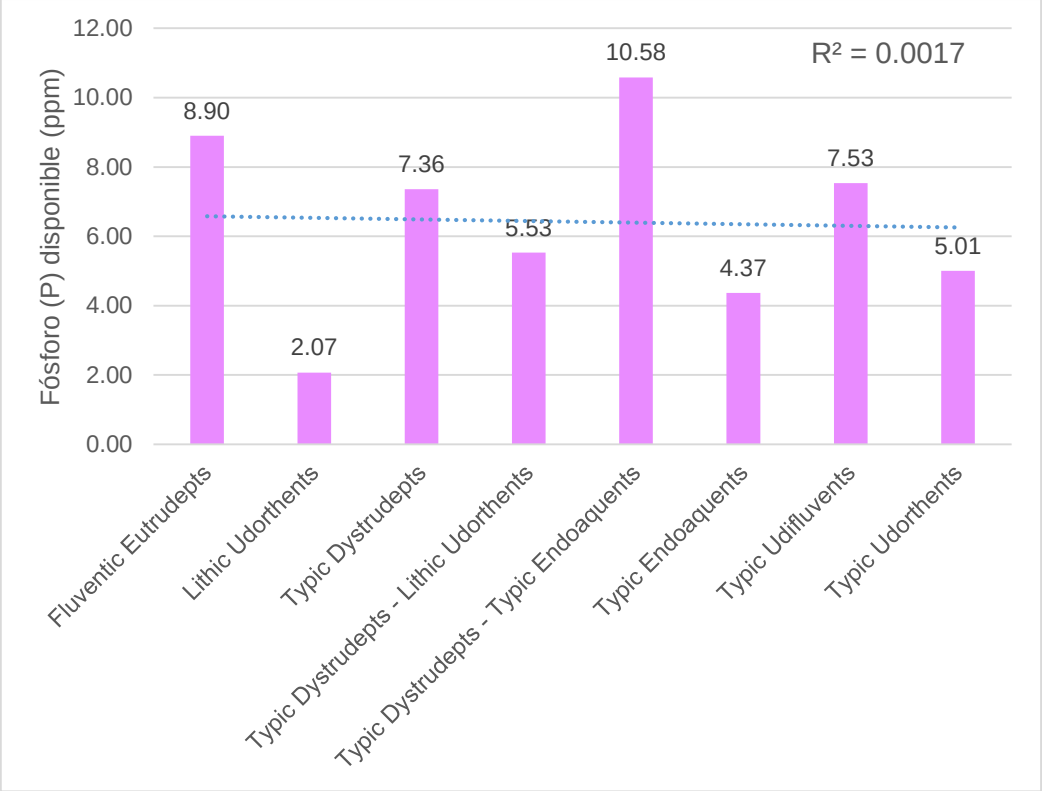


Figura 26. Fosforo disponible según su Soil taxonomy

4.2.6. Potasio disponible (ppm)

En el Cuadro 18 se observa que el máximo valor se encuentra en el subgrupo de Lithic Udorthents y el menor valor en el subgrupo de Typic Dystrudepts, estos resultados están en dos intervalos (Cuadro 08): < 100 ppm y 100-240 ppm, significa que los suelos son de baja y media calidad, y por lo tanto se puede deducir que los suelos se encuentran degradada en el distrito de José Crespo Castillo, estos resultados corroboran a lo observado en el trabajo de campo realizado en la visita de los diferentes sectores del distrito. El coeficiente de determinación (Figura 27) es de R^2=0.0392, por los que los valores de los subgrupos de suelos no tienen mucha relación y/o existe demasiada variación entre ellas.

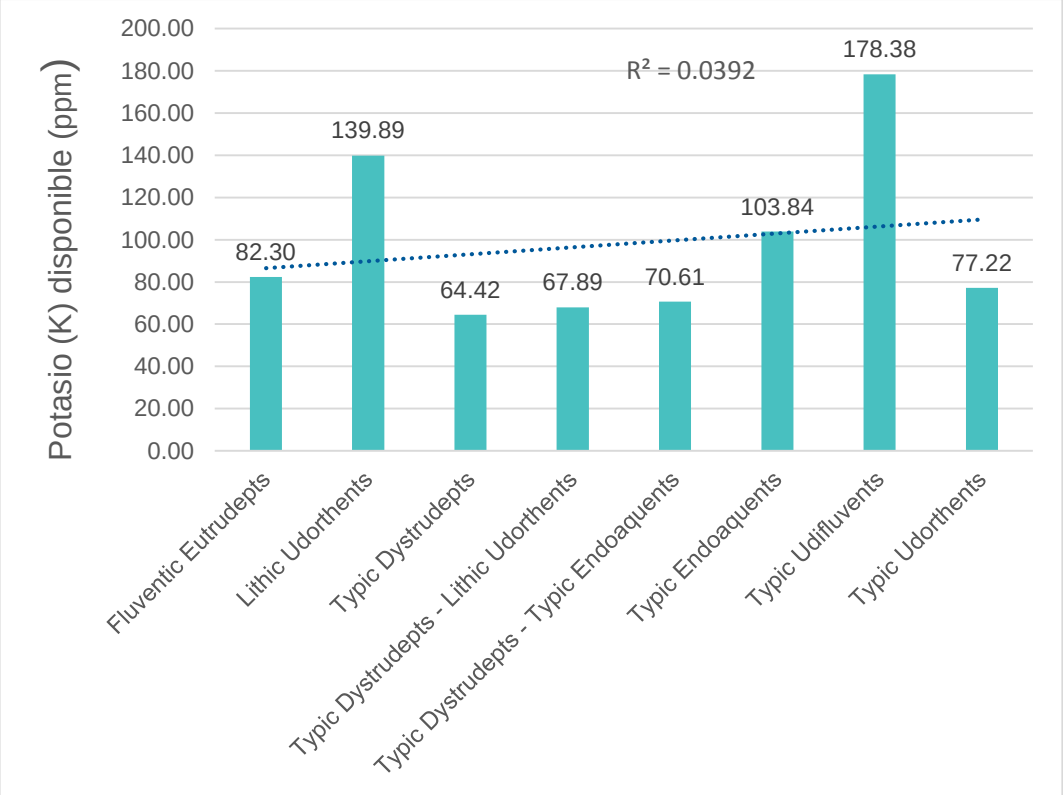


Figura 27. Potasio disponible según su Soil taxonomy

Cuadro 18. Análisis del potasio disponible según la Soil taxonomy

Clasificación	Potasio (K) disponible (ppm)
Fluventic Eutrudepts	82.30
Lithic Udorthents	139.89
Typic Dystrudepts	64.42
Typic Dystrudepts - Lithic Udorthents	67.89
Typic Dystrudepts - Typic Endoaquents	70.61
Typic Endoaquents	103.84
Typic Udifluvents	178.38
Typic Udorthents	77.22

4.2.7. Cadmio disponible (ppm)

En el Cuadro 19 se puede apreciar que el máximo valor se encuentra en el subgrupo de Typic Udifluvents y el menor valor en el subgrupo de Lithic Udorthents. El coeficiente de determinación (Figura 28) es de R^2=0.0027 por los que los valores de los subgrupos de suelos no tienen mucha relación y/o existe demasiada variación estadística entre ellas. Realizando el contraste con el ECA suelo (Cuadro 9 y Figura 28), y considerando para el análisis, los estándares de calidad ambiental para usos de suelos agrícolas del distrito de José Crespo y Castillo de 1.4 mg/kg de peso seco o ppm; por lo que como se puede apreciar que ningún subgrupo de suelo supera el estándar establecida en el D.S. 011-2017-MINAM. Entonces puede interpretarse que los suelos ambientalmente son de buena calidad, es posible que sea así, debido a que los suelos del distrito no son usados intensamente para la agricultura, por ende, el uso de insecticidas, pesticidas, etc., se vea disminuido, ya que se

conoce que estos son los que afectan al medio ambiente; también es necesario precisar que los suelos del distrito no ayudan a tener una agricultura intensiva debido a la topografía, fisiografía, suelos, etc.

Cuadro 19. Análisis del Cadmio Disponible según la Soil taxonomy

Clasificación	Cadmio (Cd) disponible (ppm)
Fluventic Eutrudepts	0.17
Lithic Udorthents	0.09
Typic Dystrudepts	0.14
Typic Dystrudepts - Lithic Udorthents	0.12
Typic Dystrudepts - Typic Endoaquents	0.13
Typic Endoaquents	0.13
Typic Udifluvents	0.18
Typic Udorthents	0.11

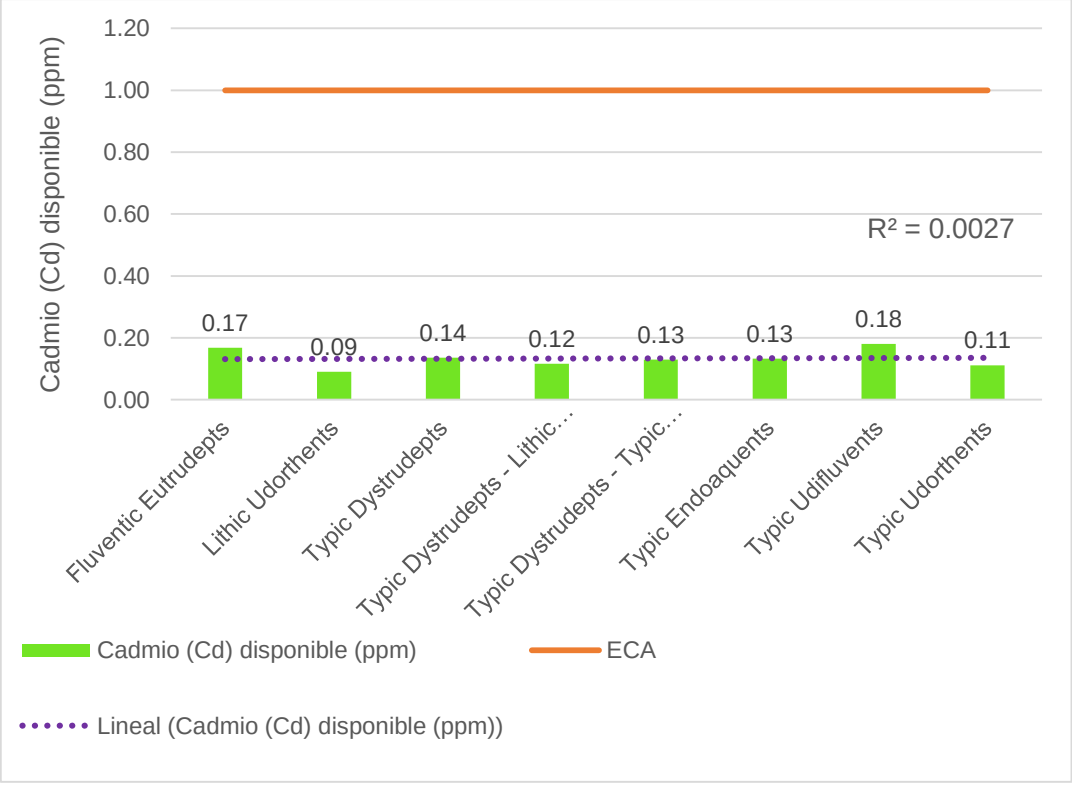


Figura 28. Cadmio disponible según su Soil taxonomy

4.2.8. Análisis de parámetros de fertilidad de suelos

1) Capacidad de intercambio catiónico (CIC) (meq/100g)

En el Cuadro 20 se observa que el máximo valor se encuentra en los subgrupo de Typic Dystrudepts - Lithic Udorthents y el menor valor en el subgrupo de Typic Udifluvents; es necesario precisar que la capacidad de intercambio catiónico es un indicador del potencial del suelo con la finalidad de retener e intercambiar los nutrientes de la vegetación en el distrito, entonces con la estimación de su capacidad para retener cationes, se observa en el cuadro que hay dos tipos de suelo que no cuentas con este parámetro que son Lithic Udorthents y Typic Udorthents ya que estos dos subgrupos pertenecen al mismo gran grupo. El coeficiente de determinación (Figura 29) es de R^2=0.1835, indicando que los valores de los subgrupos de suelos no tienen una relación estadística entre ellas, por lo que la variación es alta.

Cuadro 20. Análisis de la Capacidad de Intercambio Catiónico según su Soil taxonomy

Etiquetas de fila	CIC (Cmol(+)/Kg)
Fluventic Eutrudepts	9.43
Lithic Udorthents	-
Typic Dystrudepts	12.56
Typic Dystrudepts - Lithic Udorthents	17.77
Typic Dystrudepts - Typic Endoaquents	9.45
Typic Endoaquents	9.73
Typic Udifluvents	6.63
Typic Udorthents	-

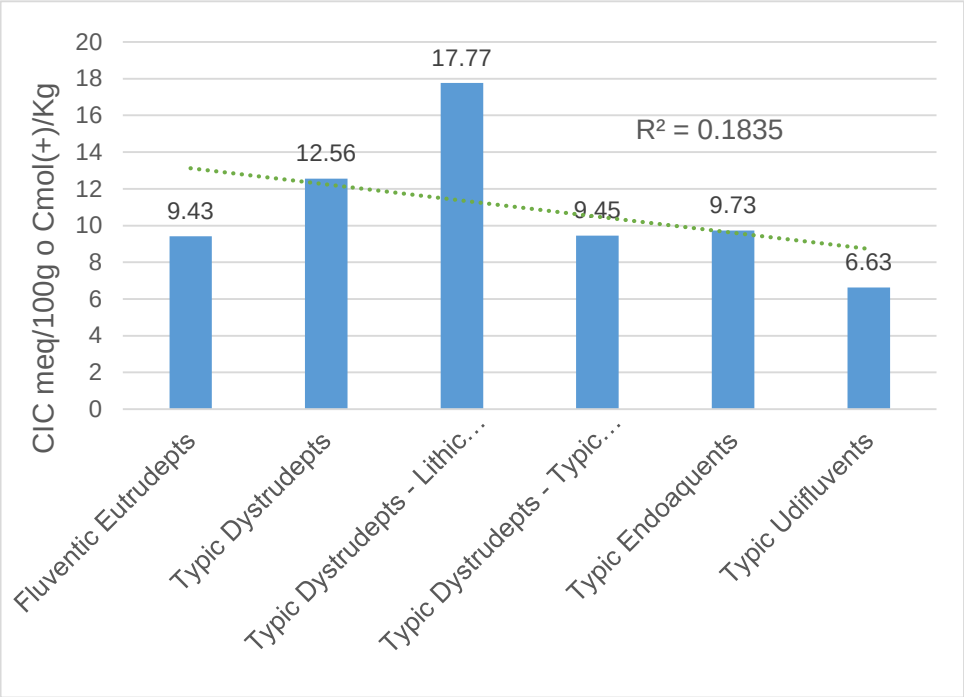


Figura 29. Capacidad de Intercambio Catiónico según su Soil taxonomy

2) Calcio (Cmol(+)/Kg)

En el Cuadro 21 se observa que el máximo valor se encuentra en el subgrupo de Fluventic Eutrudepts y el menor valor en el subgrupo de Lithic Udorthents, este parámetro es el que aporta más, al valor de la capacidad de intercambio catiónico (CIC) y capacidad de intercambio catiónico efectiva (CICe). El coeficiente de determinación (Figura 30) es de R^2=0.0853, por los que los valores de los subgrupos de suelos no tienen una relación estadística entre ellas.

Cuadro 21. Análisis del Calcio según su Soil taxonomy

Clasificación	Calcio Cmol(+)/Kg
Fluventic Eutrudepts	6.90
Lithic Udorthents	3.49
Typic Dystrudepts	6.51
Typic Dystrudepts - Lithic Udorthents	5.09

Typic Dystrudepts - Typic Endoaquents	5.39
Typic Endoaquents	6.03
Typic Udifluvents	3.81
Typic Udorthents	5.11

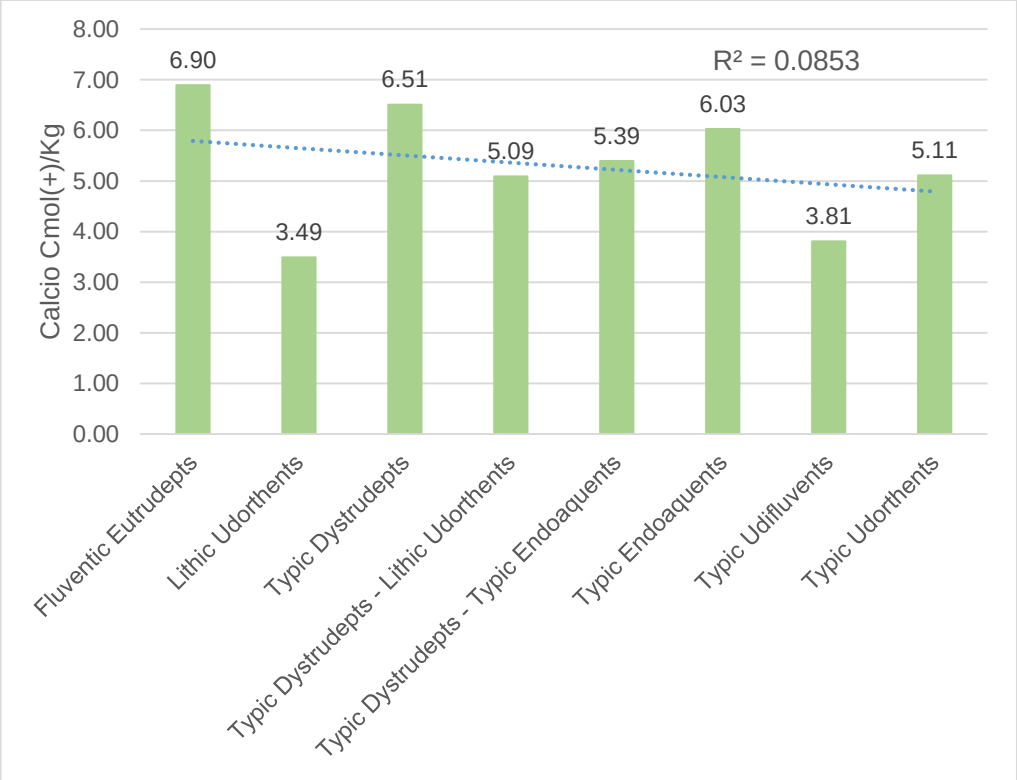


Figura 30. Calcio (Cmol(+)/Kg) según su Soil taxonomy

3) Magnesio (Cmol(+)/Kg)

En el Cuadro 21 se observa que el máximo valor se encuentra en el subgrupo de Fluventic Eutrudepts y el menor valor en el subgrupo de Lithic Udorthents, en estos subgrupos también se presentan una similitud con el comportamiento de las concentraciones del calcio, respecto a su valor máximo y mínimo, entonces quiere decir que también aporta al CIC y al CICe. El coeficiente de determinación (Figura 31) es de R^2=0.2398 por los que los valores de los subgrupos de suelos tienen una baja relación estadística entre ellas.

Cuadro 22. Análisis del Magnesio según su Soil taxonomy

Clasificación	Magnesio Cmol(+)/Kg
Fluventic Eutrudepts	1.37
Lithic Udorthents	0.58
Typic Dystrudepts	1.16
Typic Dystrudepts - Lithic Udorthents	0.97
Typic Dystrudepts - Typic Endoaquents	1.08
Typic Endoaquents	1.27
Typic Udifluvents	2.17
Typic Udorthents	1.26

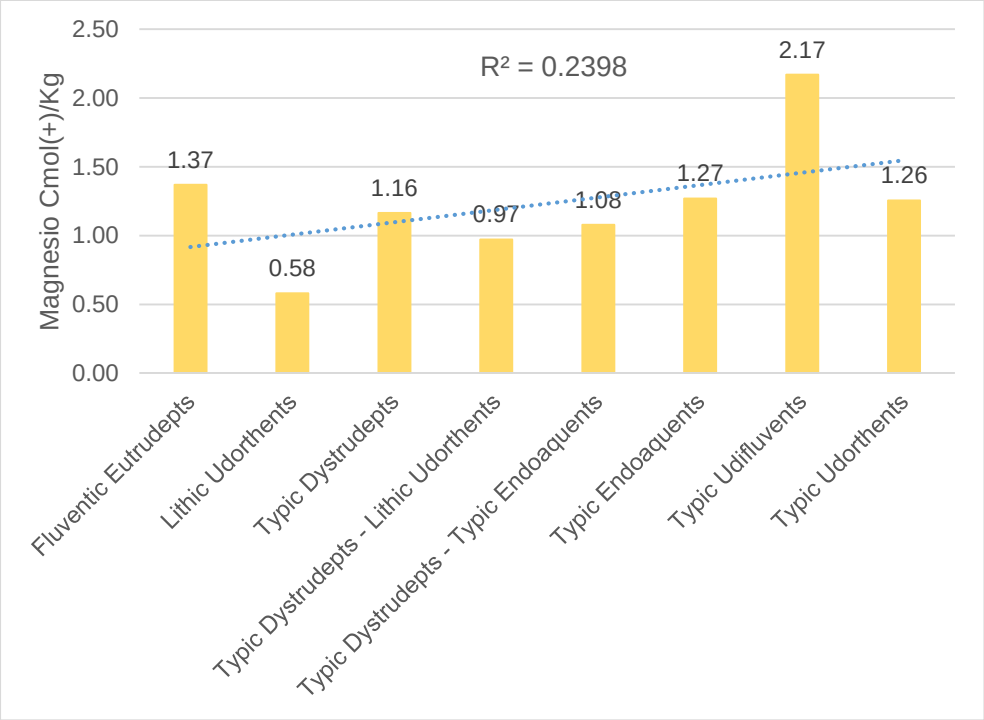


Figura 31. Magnesio (Cmol(+)/Kg) según su Soil taxonomy

4) Potasio (Cmol(+)/Kg)

En el Cuadro 23 se observa que el máximo valor se encuentra en el subgrupo de Typic Udifluvents y el menor valor en el subgrupo de Typic

Dystrudepts - Lithic Udorthents, y también se puede apreciar en el cuadro que hay dos tipos de suelo que no cuentan con este parámetro: Lithic Udorthents y Typic Udorthents; estos dos subgrupos pertenecen al mismo gran grupo. El coeficiente de determinación (Figura 32) es de R^2=0.0623 por los que los valores de los subgrupos de suelos no tienen una relación estadística entre ellas.

Cuadro 23. Análisis del potasio según su Soil taxonomy

Clasificación	K Cmol(+)/Kg
Fluventic Eutrudepts	0.33
Lithic Udorthents	-
Typic Dystrudepts	0.24
Typic Dystrudepts - Lithic Udorthents	0.08
Typic Dystrudepts - Typic Endoaquents	0.30
Typic Endoaquents	0.07
Typic Udifluvents	0.55
Typic Udorthents	-

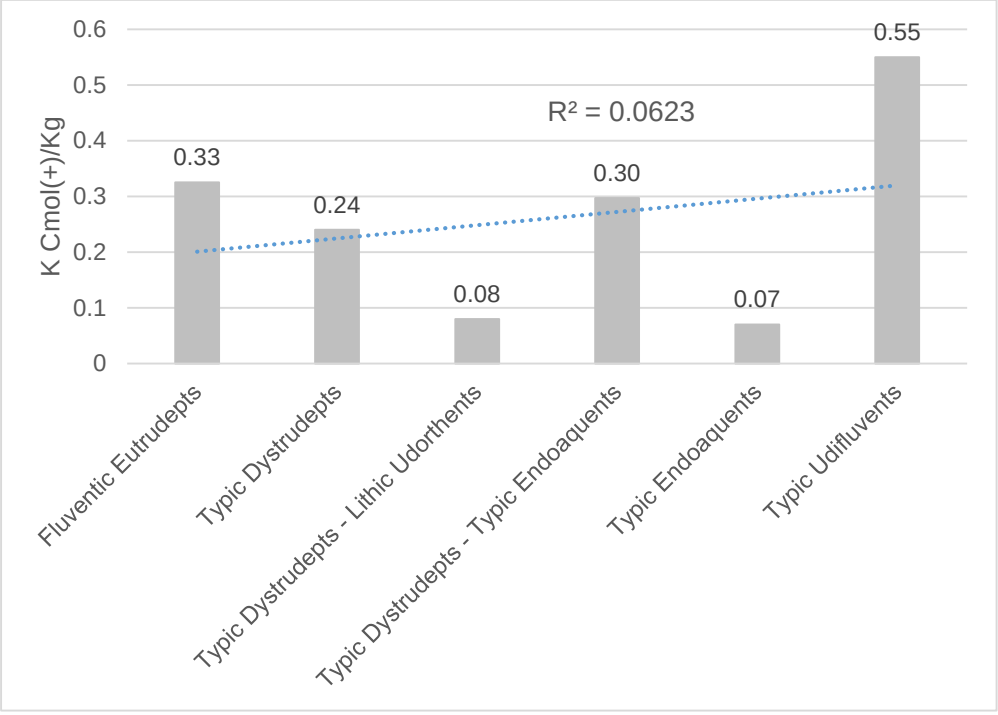


Figura 32. Potasio (Cmol(+)/Kg) según su Soil taxonomy

5) Sodio (Cmol(+)/Kg)

En el Cuadro 24 se observa que el máximo valor se encuentra en el subgrupo de Typic Dystrudepts y el menor valor en el subgrupo de Typic Udifluvents, también se observa en el cuadro que hay dos tipos de suelo que no cuentas con este parámetro: Lithic Udorthents y Typic Udorthents; esto se debe a que los dos subgrupos pertenecen al mismo gran grupo. El coeficiente de determinación (Figura 33) es de R^2=0.5021 por los que los valores de los subgrupos de suelos tienen una relación media estadísticamente entre ellas.

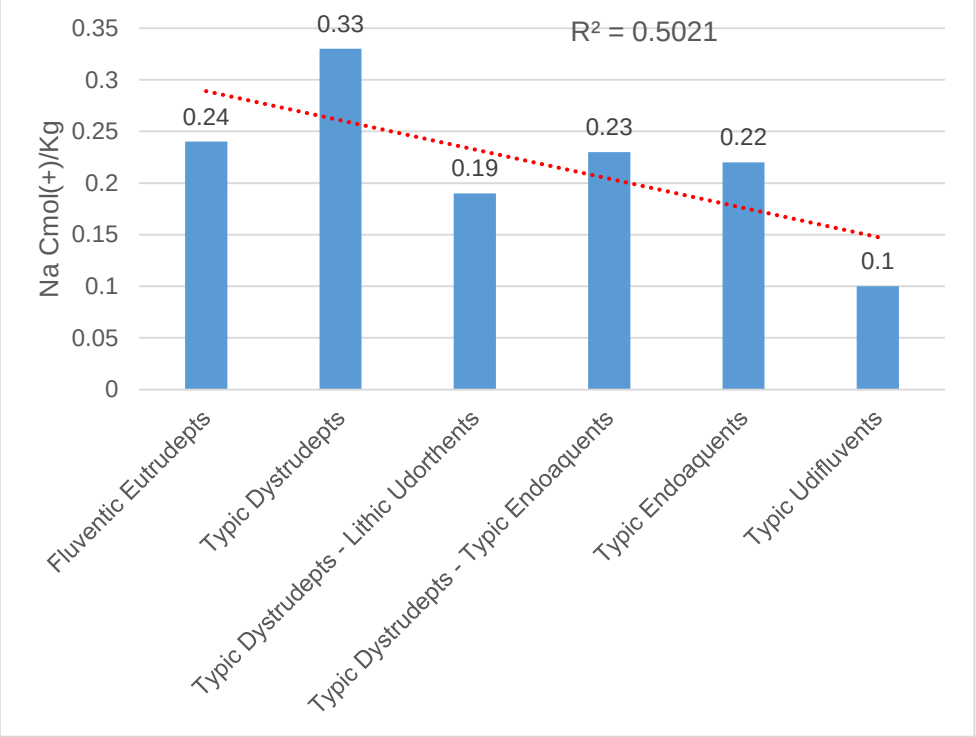


Figura 33. Sodio (Cmol(+)/Kg) según su Soil taxonomy

Cuadro 24. Análisis del Potasio según su Soil taxonomy

Clasificación	Na Cmol(+)/Kg
Fluventic Eutrudepts	0.24
Lithic Udorthents	-

Typic Dystrudepts	0.33
Typic Dystrudepts - Lithic Udorthents	0.19
Typic Dystrudepts - Typic Endoaquents	0.23
Typic Endoaquents	0.22
Typic Udifluvents	0.10
Typic Udorthents	-

6) Aluminio (Cmol(+)/Kg)

En el Cuadro 25 se observa que el máximo valor se encuentra en el subgrupo de Lithic Udorthents y el menor valor en el subgrupo de Typic Endoaquents, también se observa en el cuadro que hay un tipo de suelo que no tiene este parámetro: Typic Udifluvents. El coeficiente de determinación (Figura 34) es de R^2=0.0142 por los que los valores de los subgrupos de suelos no tienen una relación estadística y su dispersión entre ellas es muy alta. Como también puede apreciarse la estrecha relación con el pH del suelo, el aluminio es el causante de la acidez del suelo, por ende, se corroboran los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación.

Cuadro 25. Análisis del Aluminio según su Soil taxonomy

Clasificación	Al Cmol(+)/Kg
Fluventic Eutrudepts	1.50
Lithic Udorthents	4.80
Typic Dystrudepts	1.76
Typic Dystrudepts - Lithic Udorthents	4.18
Typic Dystrudepts - Typic Endoaquents	3.92
Typic Endoaquents	0.40
Typic Udifluvents	-
Typic Udorthents	2.88

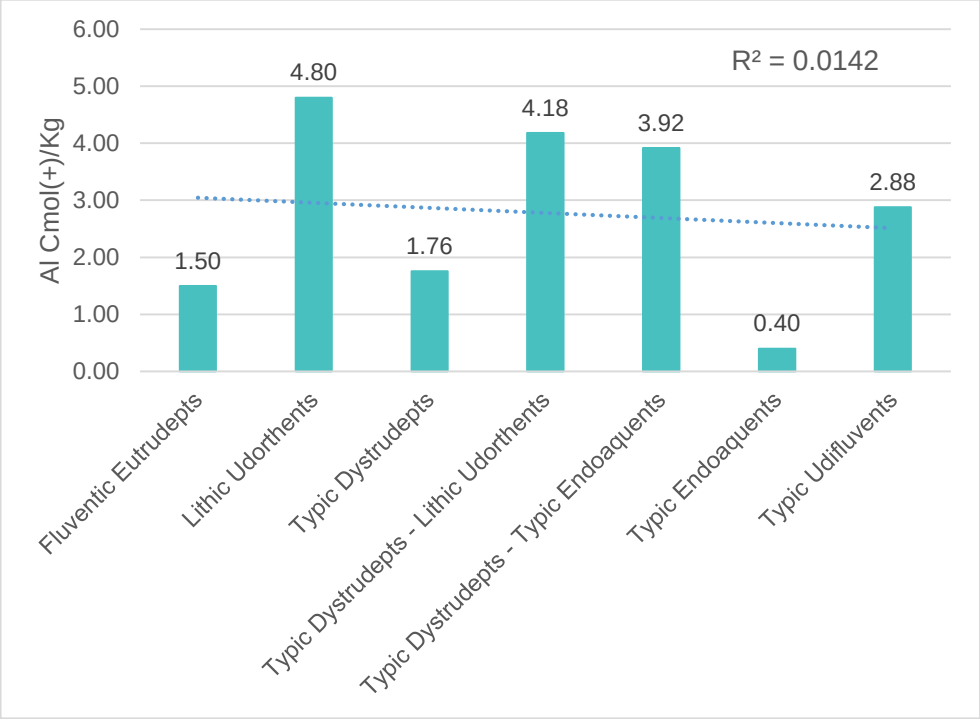


Figura 34. Aluminio (Cmol(+)/Kg) según su Soil taxonomy

7) Hidrogeno (Cmol(+)/Kg)

En el Cuadro 26 se observa que el máximo valor se encuentra en el subgrupo de Typic Dystrudepts - Typic Endoaquents y el menor valor en los subgrupos de Fluventic Eutrudepts y Fluventic Eutrudepts, también se observa en el cuadro que hay un tipo de suelo que no cuenta con este parámetro: Typic Udifluvents. El coeficiente de determinación (Figura 35) es de R^2=0.5145 por los que los valores de los subgrupos de suelos tienen una relación media estadísticamente entre ellas.

Cuadro 26. Análisis del Hidrogeno según su Soil taxonomy

Clasificación	H Cmol(+)/Kg
Fluventic Eutrudepts	0.10
Lithic Udorthents	0.10
Typic Dystrudepts	0.29

Typic Dystrudepts - Lithic Udorthents	0.41
Typic Dystrudepts - Typic Endoaquents	0.52
Typic Endoaquents	0.30
Typic Udifluvents	-
Typic Udorthents	0.37

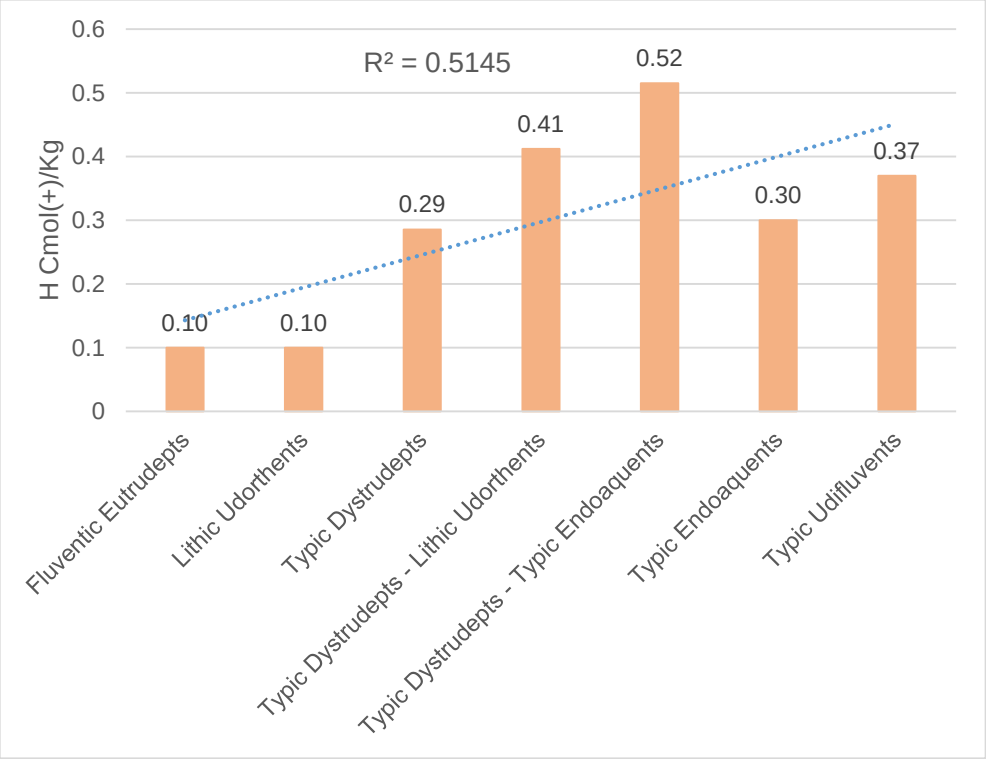


Figura 35. Hidrogeno (Cmol(+)/Kg) según su Soil taxonomy

8) Capacidad de intercambio catiónico efectivo CICe (Cmol(+)/Kg)

En el Cuadro 27 se observa que el máximo valor se encuentra en el subgrupo de Lithic Udorthents y el menor valor en el subgrupo de Typic Endoaquents, también se observa en el cuadro que hay un tipo de suelo que no cuentas con este parámetro: Typic Udifluvents. El coeficiente de determinación (Figura 36) es de R^2=0.008 por los que los valores de los subgrupos de suelos tienen una relación muy baja estadísticamente entre ellas.

Cuadro 27. Análisis del Aluminio según su Soil taxonomy

Clasificación	CICe Cmol(+)/Kg
Fluventic Eutrudepts	8.69
Lithic Udorthents	8.97
Typic Dystrudepts	7.86
Typic Dystrudepts - Lithic Udorthents	9.95
Typic Dystrudepts - Typic Endoaquents	9.66
Typic Endoaquents	5.86
Typic Udifluvents	-
Typic Udorthents	9.62

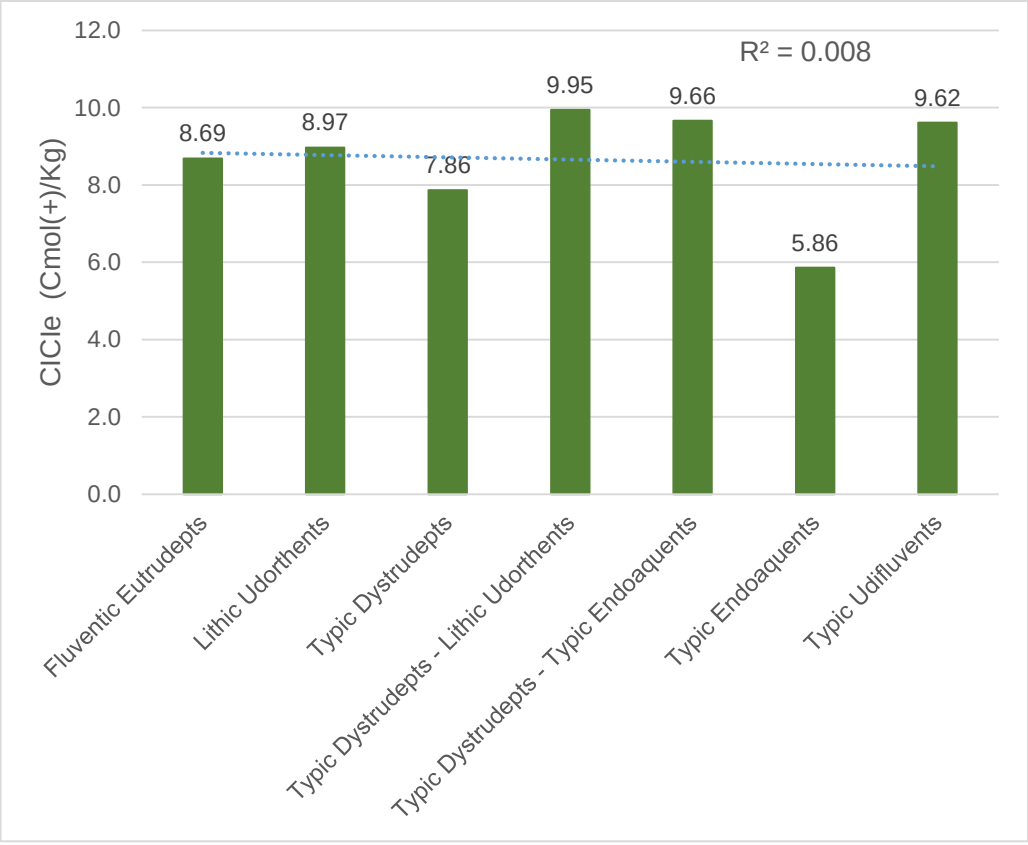


Figura 36. Capacidad de Intercambio Catiónico efectivo (Cmol(+)/Kg) según su Soil taxonomy

9) Porcentaje de Base cambiable, Acido cambiable y Saturación de Aluminio

En el Cuadro 28 se observa que el valor máximo de las bases cambiable se encuentra en el subgrupo Typic Udifluvents, en el cual se encuentra en un estado máximo con los elementos del calcio, sodio, potasio y sodio y el menor valor se encuentra en el subgrupo Lithic Udorthents; los ácidos cambiables y la saturación del aluminio están relacionados inversamente a las bases cambiables, por lo que su máximo valor se observa en el subgrupo Lithic Udorthents y el mínimo valor en el subgrupo Typic Udifluvents, y por consecuencia las bases cambiables es opuesta a los ácido cambiables y saturación de aluminio. El coeficiente de determinación (Figura 37) son de R^2=0.033 y R^2=0.046, por lo que los datos no se encuentran relacionados estadísticamente y presenta una altísima variación entre cada subgrupo de suelos.

Cuadro 28. Análisis del porcentaje de Base y acido cambiable y saturación de Aluminio según su Soil taxonomy

Clasificación	Base cambiable (%)	Acido cambiable (%)	Saturación Al (%)
Fluventic Eutrudepts	93.86	6.14	5.75
Lithic Udorthents	45.39	54.61	53.49
Typic Dystrudepts	82.50	17.50	15.02
Typic Dystrudepts - Lithic Udorthents	58.49	41.51	37.71
Typic Dystrudepts - Typic Endoaquents	71.23	28.77	25.54
Typic Endoaquents	94.03	5.98	3.42

Typic Udifluvents	100.00	0.00	0.00
Typic Udorthents	65.47	34.54	30.88

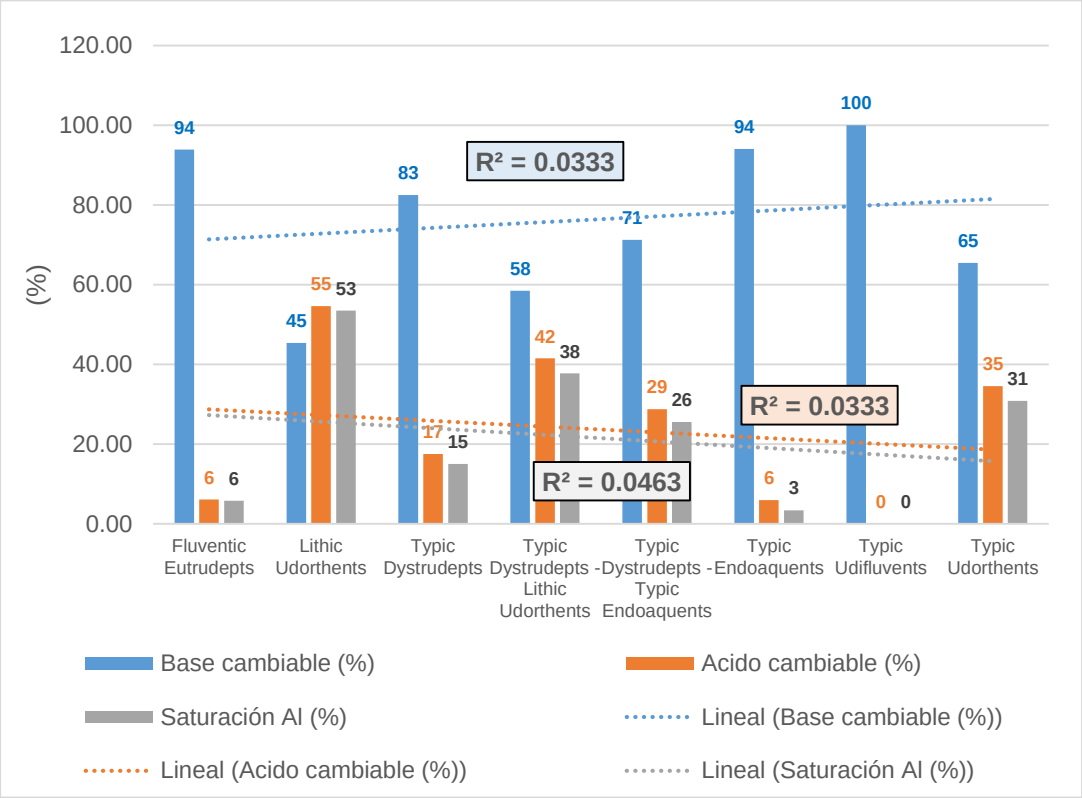


Figura 37. Análisis del porcentaje de Base y acido cambiable y saturación de Aluminio según su Soil taxonomy

4.3. Índice de calidad ambiental del suelo en el distrito de José Crespo y Castillo

Para determinar el índice de calidad ambiental del suelo se ha empleado el software Excel 2016, se ha trabajado con las 45 muestras de suelo y sus 20 parámetros fisicoquímicos, más la clasificación natural de suelo (Soil Taxonomy), para la selección de los factores y la carga vectorial, se ha empleado pruebas no paramétricas.

4.3.1. Estadística descriptiva de los parámetros fisicoquímicos del suelo

En el Cuadro 29 se presenta la información descriptiva de los análisis de suelo (45 muestras de suelo), los datos procesados muestran el valor mínimo y máximo, la media y su respectiva desviación estándar de los parámetros fisicoquímico del suelo; además es necesario precisar que la clasificación natural del suelo (Soil Taxonomy) es un indicador de naturaleza cualitativa con escala nominal (1: Fluventic Eutrudepts, 2: Lithic Udorthents, 3: Typic Dystrudepts, 4: Typic Dystrudepts - Lithic Udorthents, 5: Typic Dystrudepts - Typic Endoaquents, 6: Typic Endoaquents, 7: Typic Eutrudepts - Typic Eutrudepts, 8: Typic Udifluvents y 9: Typic Udorthents), debido a esto, este parámetro no tiene con una media y desviación típica. Esta información sirvió para determinar el índice de calidad ambiental del suelo.

Cuadro 29. Resultado del análisis de los parámetros - estadístico descriptivo

Parámetros	Mínimo	Máximo	Media	Desviación típica
Clasificación natural de Suelos (Soil Taxonomy)*	1.0000	9.0000	-	-
Arena (%)	21.0000	85.0000	41.2667	14.4826
Arcilla (%)	10.0000	52.0000	28.0444	11.4375
Limo (%)	5.0000	53.0000	30.6889	10.5396
pH (1:1)	4.3300	7.9800	5.1349	0.9255
M.O. (%)	0.7100	4.2300	1.4627	0.8196
N (%)	0.0300	0.1900	0.0684	0.0361
P disponible ppm	1.1200	23.2100	7.0636	4.4236
K disponible ppm	38.9800	178.3800	74.6904	28.6813
Cd disponible ppm	0.0900	0.2100	0.1283	0.0245
CIC (meq/100g.)	4.3500	17.7700	10.8209	1.9112
Ca Cmol(+)/Kg	3.1600	15.0900	5.5669	2.6153

Mg Cmol(+)/Kg	0.5600	2.4100	1.1060	0.4646
K Cmol(+)/Kg	0.0700	0.5500	0.2691	0.0868
Na Cmol(+)/Kg	0.0900	0.5500	0.2427	0.0656
Al Cmol(+)/Kg	0.4000	7.9000	3.3874	1.7654
H Cmol(+)/Kg	0.1000	1.2000	0.3800	0.2319
CICe (Cmol(+)/Kg)	5.3200	14.1700	9.2626	1.9298
Bas. Camb. (%)	7.9400	100.0000	69.6742	23.5046
Ac. Camb. (%)	0.0000	61.9800	28.7480	21.5698
Sat. Al (%)	0.0000	56.9900	25.7878	19.9071

***** 1: Fluventic Eutrudepts, 2: Lithic Udorthents, 3: Typic Dystrudepts, 4: Typic Dystrudepts - Lithic Udorthents, 5: Typic Dystrudepts - Typic Endoaquents, 6: Typic Endoaquents, 7: Typic Eutrudepts - Typic Eutrudepts, 8: Typic Udifluvents y 9: Typic Udorthents

4.3.2. Correlación de Pearson

Como los parámetros fisicoquímicos son indicadores de naturaleza cuantitativa de escala continua, se ha determinado en una matriz la correlación de Pearson, esto es con el fin de conocer la fuerza de asociación y dirección de la relación entre todos los parámetros fisicoquímicos; se puede apreciar en el Cuadro 30, los parámetros fisicoquímicos que tienen una asociación débil o baja a media están pintadas de color azul (formando parte el 95.24% de los parámetros), y los que tienen una asociación o correlación alta a muy alta están pintadas de color rojo (formando parte el 52.38% de los parámetros: pH, materia orgánica, nitrógeno, cadmio disponible, calcio, magnesio, aluminio, capacidad de intercambio catiónico efectivo, bases cambiables, ácidos cambiables, y saturación de aluminio); solamente el parámetro y/o indicador clasificación natural de suelos (Soil Taxonomy) no tiene correlación con todos los parámetros fisicoquímicos.

Cuadro 30. Matriz de correlación de Pearson de los parámetros analizados

Parámetros	Clasificación natural de Suelos	Arena (%)	Arcilla (%)	Limo (%)	pH (1:1)	M.O. (%)	N (%)	P disp. (ppm)	K disponible ppm	Cd disponible ppm	CIC Cmol(+)/Kg	Ca Cmol(+)/Kg	Mg Cmol(+)/Kg	K Cmol(+)/Kg	Na Cmol(+)/Kg	Al Cmol(+)/Kg	H Cmol(+)/Kg	CICe Cmol(+)/Kg	Bas. Camb. (%)	Ac. Camb. (%)	Sat. Al (%)
Clasificación natural de Suelos	**1**	0.2611	-0.0739	-0.2785	0.0367	0.0914	0.0862	-0.0224	0.2006	-0.1635	-0.1414	-0.1482	0.1241	0.0877	-0.1864	0.0491	0.1529	0.0789	-0.0207	0.0732	0.0604
Arena (%)	0.2611	**1**	**-0.6927**	**-0.6224**	-0.0098	-0.2386	-0.2703	0.1455	-0.1696	-0.0840	-0.1244	-0.2107	-0.1036	0.0941	-0.0923	-0.0331	-0.0249	-0.1452	-0.0577	0.0436	0.0423
Arcilla (%)	-0.0739	**-0.6927**	**1**	-0.1334	**-0.3882**	0.2514	**0.2973**	**-0.3635**	0.1198	**-0.3536**	0.1246	-0.0878	-0.2230	-0.0498	0.0848	0.0297	0.1325	0.1472	-0.2167	**0.3019**	0.2821
Limo (%)	-0.2785	**-0.6224**	-0.1334	**1**	**0.4347**	0.0550	0.0489	0.1946	0.1031	**0.4992**	0.0358	**0.3848**	**0.3844**	-0.0754	0.0348	0.0132	-0.1095	0.0397	**0.3145**	**-0.3875**	**-0.3643**
pH (1:1)	0.0367	-0.0098	**-0.3882**	**0.4347**	**1**	0.1110	0.1054	0.2735	**0.4088**	**0.8308**	-0.2728	**0.4239**	**0.6570**	0.2923	-0.1884	-0.1345	-0.0598	-0.0809	**0.7098**	**-0.7739**	**-0.7580**
M.O. (%)	0.0914	-0.2386	0.2514	0.0550	0.1110	**1**	**0.9940**	-0.0952	-0.0353	0.1299	**0.3513**	**0.4072**	**0.3410**	-0.2775	0.0680	0.0886	0.0924	0.1076	0.1637	-0.1161	-0.1195
N (%)	0.0862	-0.2703	**0.2973**	0.0489	0.1054	**0.9940**	**1**	-0.1206	0.0142	0.1220	**0.3316**	**0.3867**	**0.3270**	-0.2486	0.0462	0.0752	0.0887	0.0955	0.1594	-0.1147	-0.1194
P disp. (ppm)	-0.0224	0.1455	**-0.3635**	0.1946	0.2735	-0.0952	-0.1206	**1**	-0.1302	0.2032	0.1545	**0.3134**	**0.3283**	-0.0727	0.1781	0.2798	0.1484	0.2348	0.1206	-0.1402	-0.1244
K disponible ppm	0.2006	-0.1696	0.1198	0.1031	**0.4088**	-0.0353	0.0142	-0.1302	**1**	0.2432	**-0.3874**	-0.1464	0.1209	**0.4675**	**-0.3569**	-0.0851	-0.2264	-0.1670	0.2365	-0.2389	-0.2157
Cd disponible ppm	-0.1635	-0.0840	**-0.3536**	**0.4992**	**0.8308**	0.1299	0.1220	0.2032	0.2432	**1**	-0.1192	**0.5058**	**0.6867**	0.1883	-0.1239	**-0.3048**	-0.1904	-0.1993	**0.7873**	**-0.8192**	**-0.8031**
CIC	-0.1414	-0.1244	0.1246	0.0358	-0.2728	**0.3513**	**0.3316**	0.1545	**-0.3874**	-0.1192	**1**	**0.6728**	**0.3493**	**-0.6171**	**0.6575**	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Ca Cmol(+)/Kg	-0.1482	-0.2107	-0.0878	**0.3848**	**0.4239**	**0.4072**	**0.3867**	**0.3134**	-0.1464	**0.5058**	**0.6728**	**1**	**0.8107**	**-0.4436**	**0.4408**	-0.0788	-0.0203	0.0912	**0.5876**	**-0.6029**	**-0.5921**
Mg Cmol(+)/Kg	0.1241	-0.1036	-0.2230	**0.3844**	**0.6570**	**0.3410**	**0.3270**	**0.3283**	0.1209	**0.6867**	**0.3493**	**0.8107**	**1**	-0.1650	0.1657	-0.0394	0.0187	0.0907	**0.6388**	**-0.6775**	**-0.6631**
K Cmol(+)/Kg	0.0877	0.0941	-0.0498	-0.0754	0.2923	-0.2775	-0.2486	-0.0727	**0.4675**	0.1883	**-0.6171**	**-0.4436**	-0.1650	**1**	**-0.4404**	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Na Cmol(+)/Kg	-0.1864	-0.0923	0.0848	0.0348	-0.1884	0.0680	0.0462	0.1781	**-0.3569**	-0.1239	**0.6575**	**0.4408**	0.1657	**-0.4404**	**1**	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Al Cmol(+)/Kg	0.0491	-0.0331	0.0297	0.0132	-0.1345	0.0886	0.0752	0.2798	-0.0851	**-0.3048**	0.0000	-0.0788	-0.0394	0.0000	0.0000	**1**	**0.5097**	**0.8597**	**-0.4756**	**0.6067**	**0.6300**
H Cmol(+)/Kg	0.1529	-0.0249	0.1325	-0.1095	-0.0598	0.0924	0.0887	0.1484	-0.2264	-0.1904	0.0000	-0.0203	0.0187	0.0000	0.0000	**0.5097**	**1**	**0.5637**	-0.2297	**0.3407**	0.2730
CICe (Cmol(+)/Kg)	0.0789	-0.1452	0.1472	0.0397	-0.0809	0.1076	0.0955	0.2348	-0.1670	-0.1993	0.0000	0.0912	0.0907	0.0000	0.0000	**0.8597**	**0.5637**	**1**	**-0.3171**	**0.4469**	**0.4548**
Bas. Camb. (%)	-0.0207	-0.0577	-0.2167	**0.3145**	**0.7098**	0.1637	0.1594	0.1206	0.2365	**0.7873**	0.0000	**0.5876**	**0.6388**	0.0000	0.0000	**-0.4756**	-0.2297	**-0.3171**	**1**	**-0.8932**	**-0.8916**
Ac. Camb. (%)	0.0732	0.0436	**0.3019**	**-0.3875**	**-0.7739**	-0.1161	-0.1147	-0.1402	-0.2389	**-0.8192**	0.0000	**-0.6029**	**-0.6775**	0.0000	0.0000	**0.6067**	**0.3407**	**0.4469**	**-0.8932**	**1**	**0.9950**
Sat. Al (%)	0.0604	0.0423	0.2821	**-0.3643**	**-0.7580**	-0.1195	-0.1194	-0.1244	-0.2157	**-0.8031**	0.0000	**-0.5921**	**-0.6631**	0.0000	0.0000	**0.6300**	0.2730	**0.4548**	**-0.8916**	**0.9950**	**1**

4.3.3. Análisis de componente principal (ACP)

En la Figura 38, se puede observar que en total se han generado 20 factores en el análisis estadístico de la metodología del análisis de componentes principales (ACP), y trabajar con todos los factores, trae como consecuencia resultados complejos y abstractos, por lo que se ha optado utilizar solo seis factores, haciendo una variabilidad acumulada del 82.56%, así como se puede apreciar en el Cuadro 31; la variabilidad nos está indicando el nivel de dispersión de los datos hacia el centro, por lo que el factor uno tiene mayor variabilidad y esta va disminuyendo sucesivamente; esto es debido a que el factor uno toma la mayor cantidad de parámetros fisicoquímicos correlacionados, y esta información asociada se materializa en los vectores propios y la carga factorial (están relacionadas entre sí), presentando valores positivos y/o negativos a todos los parámetros, pero sin superar a -1 y +1.

Cuadro 31. Valores propios y vectores propios de F1 al F6

Valores propios						
	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Valor propio	6.2301	3.6833	2.4589	2.2991	1.7461	0.9196
Variabilidad (%)	29.6671	17.5395	11.7091	10.9479	8.3146	4.3791
% acumulado	29.6671	47.2066	58.9156	69.8635	78.1781	82.5572
Vectores propios						
Parámetros	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Clasificación natural de Suelos (Soil Taxonomy)	0.0349	-0.0668	0.1548	0.0248	-0.4928	0.5199
Arena (%)	0.0500	-0.1905	-0.0274	-0.4260	-0.4589	-0.1547
Arcilla (%)	0.1222	0.1695	-0.0916	0.4694	0.1396	0.3253
Limo (%)	-0.2014	0.0779	0.1371	0.0759	0.4791	-0.1405
pH (1:1)	-0.3260	-0.1235	0.2745	0.0021	-0.0132	-0.0233
M.O. (%)	-0.0967	0.3165	0.0484	0.3127	-0.3479	-0.3168

N (%)	-0.0940	0.3060	0.0462	0.3464	-0.3389	-0.2921
P disponible ppm	-0.0867	0.0910	0.2465	-0.3863	0.0961	0.0840
K disponible ppm	-0.0960	-0.2368	0.1517	0.3252	-0.0101	0.3882
Cd disponible ppm	-0.3540	-0.0825	0.1335	0.0005	0.0701	-0.1698
CIC (meq/100g.)	-0.0457	0.4148	-0.2334	-0.1425	-0.0308	0.1661
Ca Cmol(+)/Kg	-0.2845	0.3246	0.0008	-0.1100	0.0127	0.1074
Mg Cmol(+)/Kg	-0.3166	0.1754	0.1786	-0.0721	-0.0986	0.2021
K Cmol(+)/Kg	0.0158	-0.3480	0.2422	0.1442	0.0319	0.0523
Na Cmol(+)/Kg	-0.0209	0.3038	-0.2280	-0.2221	0.1245	0.3252
Al Cmol(+)/Kg	0.1869	0.1875	0.4600	-0.0799	0.0642	-0.0628
H Cmol(+)/Kg	0.1167	0.1599	0.3551	-0.0516	-0.0702	0.0779
CICe (Cmol(+)/Kg)	0.1358	0.2176	0.4699	-0.0433	0.0786	0.0306
Bas. Camb. (%)	-0.3595	-0.0480	-0.0169	0.0187	-0.0557	0.0728
Ac. Camb. (%)	0.3860	0.0795	0.0720	0.0096	0.0195	-0.0305
Sat. Al (%)	0.3809	0.0771	0.0759	0.0054	0.0342	-0.0400

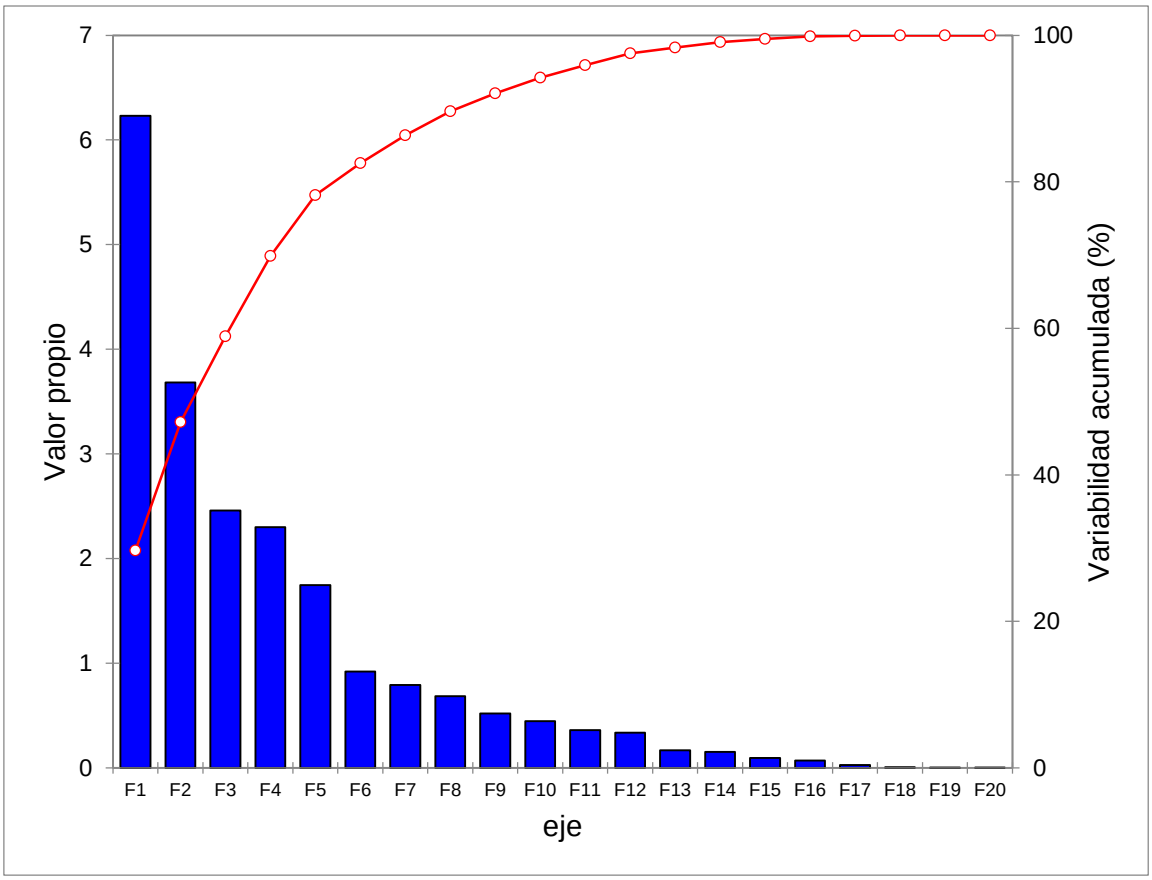


Figura 38. Análisis de los 20 factores con respecto a su valor y variabilidad acumulado

En la Figura 39 se observa el nivel de relación de los parámetros fisicoquímicos seleccionados en los factores F1 y F2 con 47.21% de variabilidad acumulada, donde se puede apreciar qué él % de saturación de aluminio tiene una relación directa con el % de ácidos cambiables, a la vez estos dos parámetros tienen una relación inversa con el cadmio disponible, % de bases cambiables y pH, así como una relación directa entre estos tres parámetros; el nivel de relación directa se ve disminuido con los parámetros del magnesio y calcio; se podría también interpretar que la capacidad de intercambio catiónico tiene una relación media, pero directa con el calcio y magnesio; sin embargo la CIC no tiene relación con saturación de aluminio, ácidos cambiables, bases cambiables cadmio disponible y pH.

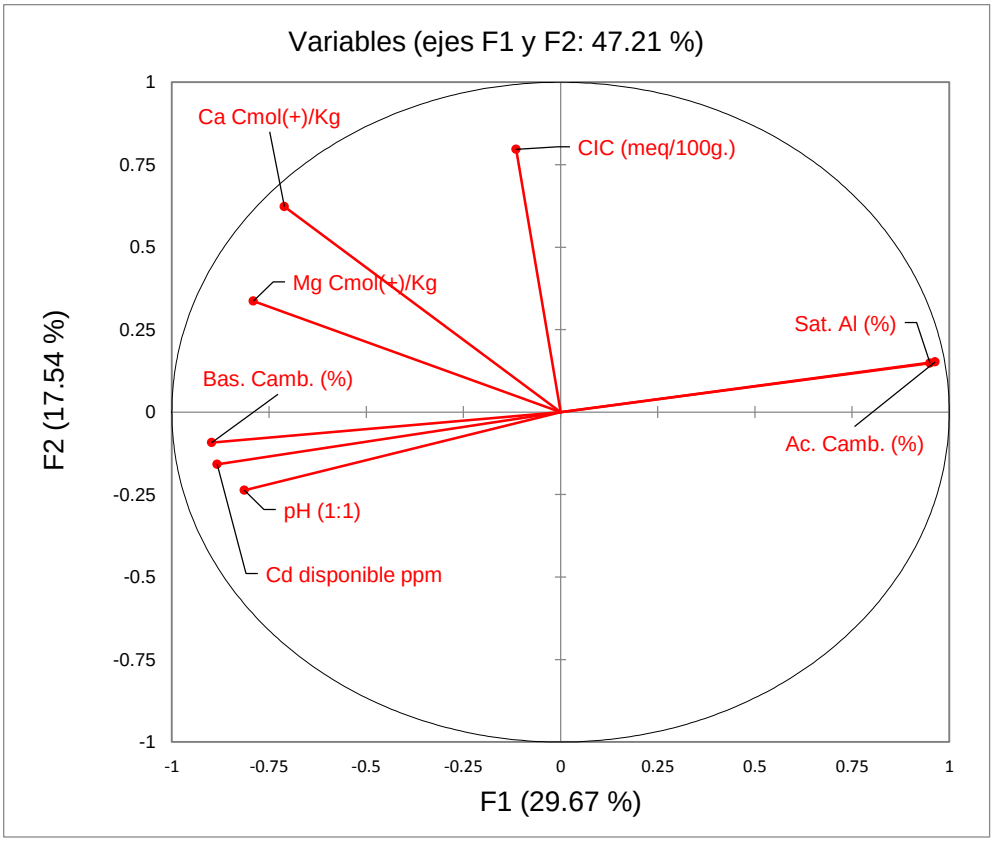


Figura 39. Nivel de relación de los parámetros fisicoquímicos seleccionados por los factores F1 y F2

En la Figura 40 se observa el nivel de relación de los puntos de muestreo (45 muestras de suelo del punto 28 al 63) y parámetros fisicoquímicos seleccionados por los factores F1 y F2; los puntos de muestreo u observaciones, son los sectores del distrito de José Crespo Castillo (en el Cuadro 4, se observa los códigos de los puntos de muestreo con sus respectivos sectores), es necesario precisar que esta figura es el complemento de la Figura 39; por lo que puede apreciarse que los sectores 33 (Sucre), 51 (San Martín de Pucate), 53 (Nueva Aspuzana - 7 de Octubre), 41 (Víctor Languemack), 27 (Nuevo Progreso) y 28 (Puerto Alegre de Mohena) guardan una relación de media a alta y directa con los parámetros cadmio disponible, Mg, pH, % bases cambiables.

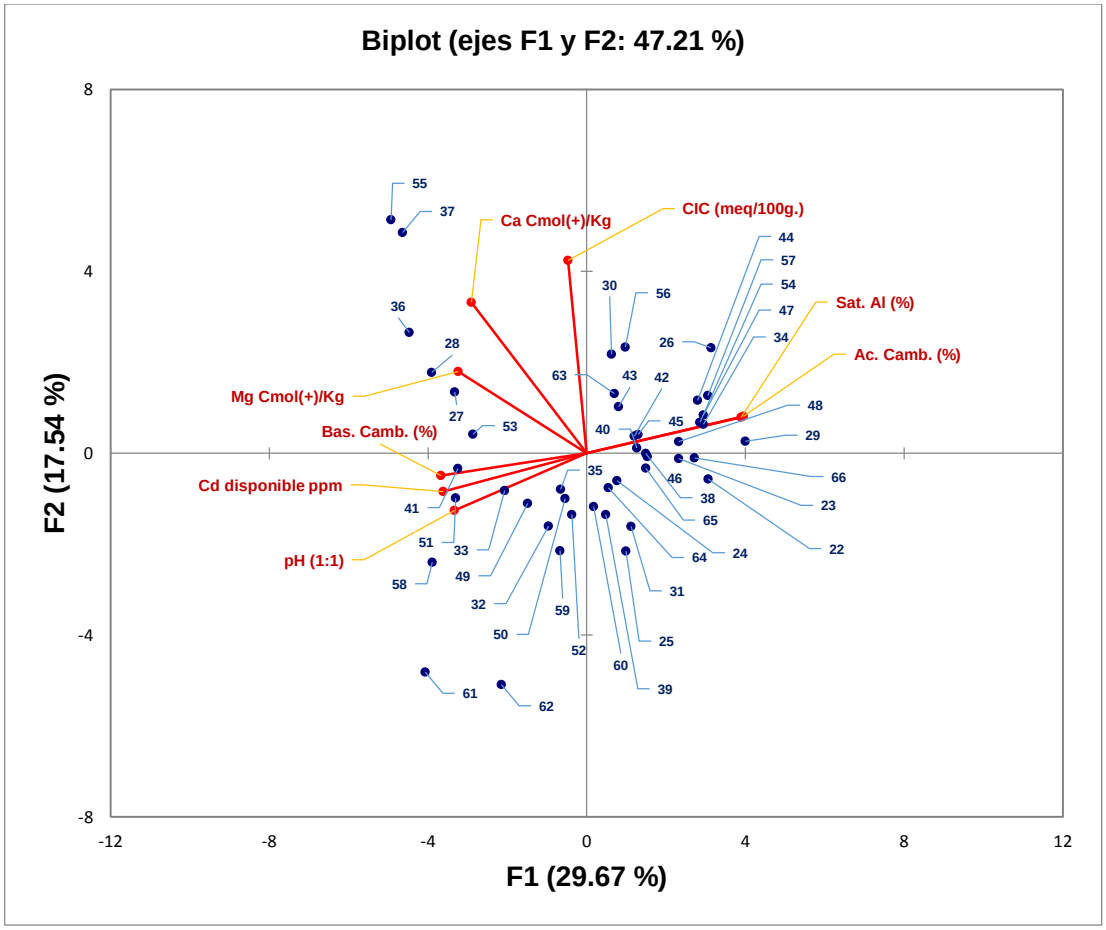


Figura 40. Distribución espacial de los sectores y parámetros fisicoquímicos seleccionados por los factores F1 y F2

4.3.4. Índice de calidad ambiental del suelo

Cuadro 32. Resultado del análisis del índice de calidad ambiental del suelo de José Crespo Castillo

Factores	Indicador seleccionado	Coeficiente de puntuación	Media del Parámetro	Wi*Cs	QI_N
F1	pH (1:1)	0.359	5.135	1.845	41.480
	Cd disponible ppm		0.128	0.046	
	Ca Cmol(+)/Kg		5.567	2.000	
	Mg Cmol(+)/Kg		1.106	0.397	
	Sat. Al (%)		25.788	9.267	
F2	M.O. (%)	0.212	1.463	0.311	
	N (%)		0.068	0.015	
	CIC (meq/100g.)		10.821	2.299	
	K Cmol(+)/Kg		0.269	0.057	
	Na Cmol(+)/Kg		0.243	0.052	
	Al Cmol(+)/Kg		3.387	0.480	
F3	H Cmol(+)/Kg	0.142	0.380	0.054	
	CICe (Cmol(+)/Kg)		9.263	1.314	
F4	Arena (%)	0.133	41.267	5.472	
	Arcilla (%)		28.044	3.719	
	P disponible ppm		7.064	0.937	
	K disponible ppm		74.690	9.905	
F5	Limo (%)	0.101	30.689	3.091	
F6	Clasificación natural de Suelos (Soil Taxonomy)	0.053	4.133	0.219	

Wi: indicador seleccionado; Cs: Coeficiente de puntación; QIN: Índice de calidad normalizada

En el Cuadro 32 se observa el valor del índice de calidad ambiental del suelo, siendo este de 41.48 y en el Cuadro 11 se observa las calificaciones de los valores de índice de calidad de suelo de acuerdo a MARCELO (2017), de

acuerdo a los resultados obtenidos este valor se encuentra en la calificación de Regular; una posible interpretación de acuerdo a los resultados, podría ser entonces que los proyectos productivos y/o ambientales (recuperación de suelos degradados, emplazamiento de especies forestales, agroforestales, etc.) pueden no estar teniendo éxitos en los diferentes sistemas de producción de las plantaciones de la población. Además, GARCÍA *et al*. (2012) indica tres variables para que un suelo se encuentre en buen estado, y estas son: la productividad del sistema no debe perder sus propiedades físicas, químicas y biológicas (productividad biológica sostenible); se debe atenuar los contaminantes ambientales y los patógenos (calidad ambiental) con buenas prácticas; y favorecer la salud de las vegetaciones, los animales y los humanos con insumos orgánicos; por lo que podría ser, que la población del distrito de José Crespo no esté desarrollando adecuadamente una agricultura, forestaría, etc., y posiblemente estén usando intensivamente sus suelos, tanto para consumo familiar y para negocio de mercado local, entonces este hecho ha permitido la baja conservación del suelo, por ello los resultados obtenidos.

V. DISCUSIÓN

En la zona de estudio se ha encontrado de acuerdo a la clasificación natural de suelos (Soil Taxonomy) para Fluventic Eutrudepts con clase textural franco y sus variantes; Lithic Udorthents con clase textural arcillosa; Typic Dystrudepts con clase textural franco y sus variantes; Typic Dystrudepts - Lithic Udorthents con clase textural arcilloso y sus variantes a excepción del sector Túpac Amaru, La Colpa y Alta Victoria con clase textural franco y sus variantes; Typic Dystrudepts - Typic Endoaquents con clase textural franco y sus variantes a excepción el sector Alto Sangapilla con clase textural arcilloso; Typic Endoaquents con clase textural franco y sus variantes; Typic Udifluvents con clase textural franco; y Typic Udorthents con su clase textural arcilloso para el sector Nuevo Horizonte y clase textural franco arenoso para el sector Bolognesi; como puede notarse de acuerdo a los resultados hay algunos sectores que no guardan relación con la clasificación natural de suelos (aproximadamente el 10% de los sectores), una posible explicación podría ser al momento de la toma de submuestras, probablemente el nivel de homogeneidad no haya sido la correcta en los sectores que tuvieron diferentes resultados en función del Soil Taxonomy, también es necesario indicar que el clima, específicamente la precipitación influye en los parámetros fisicoquímicos del suelo, esto es porque las muestras fueron obtenidas de 0 cm a 30 cm de profundidad, y a ese nivel existe la infiltración de algunos micro elementos del suelo, alterando de esta manera sus

composición; otra posible explicación podría ser sobre la delimitación que hizo el Gobierno Regional de Huánuco de los espacios de clasificación natural de suelos, como en la zonificación económica y ecológica han trabajado a nivel macro y meso, eso ha provocado un aumento de error típico, pero generalmente a este nivel de trabajo lo que se hace es generalizar, absorbiendo lo pequeños parches diferenciados en uno solo (ZEE-GRH, 2017). Además, WALSH (2015) en su trabajo de estudio de impacto ambiental, específicamente en el capítulo de suelos, se observa que en la caracterización han encontrado el subgrupo Typic Dystrudetps con textura franco y con presencia de fragmentos rocosos (gravas medias) en un 5% a 10%, y textura franco arcillosa; y subgrupo Lithic Udorthents con textura franco limosa, franca a franco arcillo arenosa y arcilloso, por lo que corrobora con los resultados obtenidos.

La textura a su vez está muy relacionada con el pH del suelo; se ha encontrado de acuerdo a la clasificación natural de suelos (Soil Taxonomy) para Fluventic Eutrudepts con pH de 4.81 a 6.72; Lithic Udorthents con pH de 6.72; Typic Dystrudepts con pH de 4.37 a 6.24; Typic Dystrudepts - Lithic Udorthents con pH de 4.33 a 5.90; Typic Dystrudepts - Typic Endoaquents con pH de 4.45 a 7.93; Typic Endoaquents con pH de 4.87 a 5.60; Typic Udifluvents con pH de 7.98; y Typic Udorthents con pH de 4.51 a 6.88; como puede notarse de acuerdo a los resultados no existe una relación entre pH y clasificación natural de suelos; mientras que si existe una relación el pH con la clase textural; por lo que la clase textural arcilloso tiene el pH de 4.33 a 5.02 estando en la escala de ácido a medianamente acido; clase textural franco tiene el pH de 5.14 a 7.98 estando en la escala de ligeramente ácido a ligeramente alcalino, y las variantes de la textura

tienen información relativa; WALSH (2015) en su trabajo, se observa que en el subgrupo Typic Dystrudetps con textura franco con pH 4.04 a 5.98, y textura franco arcillosa con pH 4.04 a 5.52; y subgrupo Lithic Udorthents con textura franco limosa con pH 6.51 a 6.60, franca a franco arcillo arenosa y arcilloso con pH 4.88 a 5.45, por lo que corrobora con los resultados obtenidos.

El pH a su vez está muy relacionada con la capacidad de intercambio catiónico (CIC) y la capacidad de intercambio catiónico efectivo (CICe) del suelo; se ha encontrado de acuerdo a la clasificación natural de suelos (Soil Taxonomy) para Fluventic Eutrudepts con CIC de 7.50 a 11.35meq/100g y CICe de 8.69Cmol(+)/Kg; Lithic Udorthents con CICe de 8.97Cmol(+)/Kg; Typic Dystrudepts con CIC de 9.14 a 16.57meq/100g y CICe de 5.32 a 10.04Cmol(+)/Kg; Typic Dystrudepts - Lithic Udorthents con CIC de 17.77meq/100g y CICe de 6.29 a 14.17Cmol(+)/Kg; Typic Dystrudepts - Typic Endoaquents con CIC de 4.35 a 12.49meq/100g y CICe de 7.39 a 12.70Cmol(+)/Kg; Typic Endoaquents con CIC de 9.73meq/100g y CICe de 5.86Cmol(+)/Kg; Typic Udifluvents con CIC de 6.63meq/100g; y Typic Udorthents con CICe de 7.99 a 11.24Cmol(+)/Kg; como puede notarse de acuerdo a los resultados no existe una relación entre CIC y CICe con clasificación natural de suelos; mientras que si existe una relación el pH con la CIC y CICe; por lo que a pH de 4.33 a 5.25 estando en la escala de ácido a medianamente acido, tienen una concentración de CICe de 5.32 a 14.17Cmol(+)/Kg; pH de 5.60 a 7.98 estando en la escala de ligeramente ácido a ligeramente alcalino, tienen una concentración de CIC de 4.35 a 17.77meq/100g; WALSH (2015) en su trabajo, se observa que en el subgrupo Typic Dystrudetps con textura franco con pH 4.04

a 5.98 y con una concentración de CIC de 10.40 a 17.92Cmol/kg de suelo, y textura franco arcillosa con pH 4.04 a 5.52 y con una concentración de CIC de 11.20 a 17.12Cmol/kg de suelo; y subgrupo Lithic Udorthents con textura franco limosa con pH 6.51 a 6.60 y con una concentración de CIC de 29.60 a 32.00 Cmol/kg de suelo, franca a franco arcillo arenosa y arcilloso con pH 4.88 a 5.45 y con una concentración de CIC de 10.88 a 12.32Cmol/kg de suelo, por lo que corrobora relativamente con los resultados obtenidos.

El cadmio disponible (Cd), materia orgánica (%), nitrógeno (%), fosforo disponible (ppm) y potasio disponible (ppm) a su vez tiene una relación con el pH del suelo; se ha encontrado de acuerdo a la clasificación natural de suelos (Soil Taxonomy) para Fluventic Eutrudepts con Cd de 0.14 a0.21ppm; Lithic Udorthents con Cd de 0.09ppm; Typic Dystrudepts con Cd de 0.11 a 0.16ppm; Typic Dystrudepts - Lithic Udorthents con Cd de 0.10 a 0.16ppm; Typic Dystrudepts - Typic Endoaquents con Cd de 0.10 a 0.16ppm; Typic Endoaquents con Cd de 0.11 a 0.16ppm; Typic Udifluvents con Cd de 0.18ppm; y Typic Udorthents con Cd de 0.10 a 0.12ppm; como puede notarse de acuerdo a los resultados no existe una relación entre cadmio disponible y clasificación natural de suelos; mientras que si existe una relación el Cd con el pH; por lo que el pH de 4.33 a 5.02 estando en la escala de ácido a medianamente acido, tiene una concentración de Cd de 0.10 a 0.12ppm; pH de 5.10 a 7.98 estando en la escala de ligeramente ácido a ligeramente alcalino, tiene una concentración de Cd de 0.14 a 0.18ppm. Así también el pH de 4.33 a 5.02, tiene una concentración de materia orgánica de 0.71 a 4.23%; pH de 5.10 a 7.98, tiene una concentración de materia orgánica de 0.78 a 3.62%. Así como el pH de 4.33 a 5.02, tiene una

concentración de nitrógeno de 0.03 a 0.19%; pH de 5.10 a 7.98, tiene una concentración de nitrógeno de 0.04 a 0.16%. Así mismo el pH de 4.33 a 5.02, tiene una concentración de fosforo disponible de 1.12 a 23.21ppp; pH de 5.10 a 7.98, tiene una concentración de fosforo disponible de 3.09 a 19.37ppm. Y pH de 4.33 a 5.02, tiene una concentración de potasio disponible de 38.98 a 152.26ppm; pH de 5.10 a 7.98, tiene una concentración de potasio disponible de 61.97 a 178.38ppm. Entonces se puede apreciar que el nivel de relación es bajo

DICTA (2016) menciona que los factores de más importancia que causa acidez en los suelos, es la alta precipitación, así como ocurre en el distrito ya que el lugar tiene precipitación anual mayores de 3,000 mm, donde el peso de una capa de agua dejada por una precipitación fuerte, hace este que infiltre o percole el suelo hasta los estratos profundos con el fin de, sedimentar en algún acuífero subterráneo; esta capa de agua lleva consigo micro y macronutrientes del suelo, especialmente nutrientes catiónicos como el calcio, magnesio y potasio; y estos son ocupados por hidrógeno (que también tiene carga positiva, H+) en los espacios dejados por los nutrientes, posiblemente provienen directamente de la reacción química o la del agua, y esta se dan en el interior del suelo; entonces este hidrógeno que queda, lentamente vuelve al suelo ácido, y también sucede que cuando hay bastante hidrógeno, algunos de ellos entran a la parte sólida de las arcillas, a su estructura, donde desalojan y cambian al aluminio, componente estructural de las arcillas, es por ello que los suelos encontrados en la mayoría de los sectores del distrito son de clase textural arcilloso y sus variantes. Al final, todo este concentrado de aluminio reemplazado, se junta con el agua del suelo, y esta es absorbido por la

vegetación, mientras que la otra parte se juntan a los espacios con carga negativa de los coloides (el aluminio tiene carga positiva, Al^{+3}), dejados por los nutrientes catiónicos lavados por el agua; de acuerdo a los resultados se ha observado que estos procesos probablemente ocurren a partir de 30 a 40 cm de profundidad, por lo general se dan en los subgrupos: Lithic Udorthents, Typic Dystrudepts, Typic Dystrudepts - Lithic Udorthents, Typic Dystrudepts - Typic Endoaquents, Typic Endoaquents y Typic Udorthents. Así mismo DICTA (2016) indica que la descomposición de la materia orgánica es por los organismos que están en los suelos; realmente, la materia orgánica es el alimento de los microorganismos y este proceso metabólico hacen que degraden la materia orgánica hasta tener componentes primarios, los cuales pasan directamente al agua del suelo para ser utilizados nuevamente por la vegetación, y también algunos quedan “fijados” por un corto periodo, para formar parte de sus cuerpos para luego, cuando mueren, pasar al suelo; de acuerdo a los resultados todos los sectores del distrito presentaron materia orgánica menores al 2%, esto es porque las muestras fueron obtenidas de suelo desnudos y/o degradadas, excocales y suelos agrícolas, por lo general estos suelos tienen poca vegetación, entonces no teniendo los microorganismos alimentos, estas se ven limitadas en el proceso de descomposición.

HEWITT (2004) comprobó que la productividad del suelo está influenciada por características del subsuelo, además GARCIA (2017) y GARCIA *et al*. (2012) recomienda desarrollar la productividad en el sistema sin perder las propiedades físicas, químicas y biológicas (productividad biológica sostenible) del suelo, disminuir el uso de los contaminantes ambientales y los patógenos

que se encuentran dentro del medio ambiente, y favorecer la salud de la vegetación, los animales y los humanos; para el desarrollo eficiente de este concepto se tiene que tener en cuenta que el suelo es el sustrato básico para las plantas; este capta, retiene y emite agua, y es, además, un filtro ambiental efectivo.

SANCHEZ *et al.* (2015) indica que el índice de calidad de suelo normalizado (QIN) es capaz de reflejar relativamente la calidad de los suelos, ya que incluye parámetros físicos, químicos y biológicos, además es estadísticamente confiable, uno de los factores limitantes son los tipos de suelos, ya que estos pueden estar relacionados a las diferentes funciones de esta. Es por ello que cuando se procesaron los datos incluyendo la clasificación natural del suelo (Soil Taxonomy): 1: Fluventic Eutrudepts, 2: Lithic Udorthents, 3: Typic Dystrudepts, 4: Typic Dystrudepts - Lithic Udorthents, 5: Typic Dystrudepts - Typic Endoaquents, 6: Typic Endoaquents, 7: Typic Eutrudepts - Typic Eutrudepts, 8: Typic Udifluvents y 9: Typic Udorthents, no reflejaron ninguna fuerza de asociación con los parámetros fisicoquímicos del suelo.

VASU *et al.* (2016), en su trabajo realizado de calidad del suelo para diferentes estratos, demostró que la variación de la calidad del suelo se debe a la heterogeneidad del suelo y la degradación de este; esto quiere decir entonces que los factores de los vectores propios afectan levemente el cálculo del índice de calidad ambiental del suelo, debido a los diferentes subgrupos de suelos de los sectores del distrito de José Crespo y Castilla evaluados, probablemente sea este, una posible explicación de que se haya obtenido un SQI de muy buena calidad de suelo para el distrito de José Crespo y Castillo, a pesar que son suelos

degradados. Además, BARREZUETA *et al*. (2017) menciona que el análisis de componentes principales (ACP) conforma un conjunto mínimo de datos, que representa las condiciones de los parámetros en factores; de acuerdo a los resultados el índice de calidad ambiental del suelo (ICS) no reflejó diferencias significativas estadísticamente, y se trabajó normalmente con seis factores presentando una variabilidad del F1 de 29.7%, F2 de 17.5%, F3 de 11.7%, F4 de 10.9%, F5 de 8.3% y F6 de 4.4%, brindando este un nivel de confianza aceptable para posteriores interpretaciones. Así mismo QI *et al.* (2009) menciona que el índice de calidad ambiental del suelo estandarizado (SQI) es un producto de indicadoras de suelo seleccionadas y garantiza la selección de parámetros más apropiadas, que tienen influencia dominante en funciones de la calidad del suelo. En el análisis de componentes principales, los vectores propios, así como las cargas factoriales eran aceptables hasta el factor seis, ya que realizaron una adecuada selección de los parámetros fisicoquímicos, considerando el nivel de correlación entre ellos; entonces de acuerdo a los resultados se han obtenido para el F1 siete parámetros fisicoquímicos (pH, Cd disponible, Ca, Mg, % de bases cambiables, % de ácidos cambiables y % de saturación de aluminio), F2 cinco parámetros fisicoquímicos (materia orgánica, N, CIC, K y Na), F3 tres parámetros fisicoquímicos (Al, H y CICe), F4 cuatro parámetros fisicoquímicos (% de arena, % de arcilla, P disponible y K disponible), F5 un parámetro físico (% de limo) y F6 un parámetro físico (clasificación natural de suelos).

VI. CONCLUSIONES

1. Se determinaron las características de los perfiles modales de las unidades de suelos en función de la clasificación natural del Soil Taxonomy Fluventic Eutrudepts, Lithic Udorthents, Typic Dystrudepts, Typic Dystrudepts - Lithic Udorthents, Typic Dystrudepts - Typic Endoaquents, Typic Endoaquents, Typic Eutrudepts - Typic Eutrudepts, Typic Udifluvents y Typic Udorthents.

2. Se determinaron los parámetros fisicoquímicos del suelo: textura, pH, materia orgánica, nitrógeno, fosforo disponible, potasio disponible, cadmio disponible, capacidad de intercambio catiónico efectivo (CICe), calcio, magnesio, aluminio, hidrogeno, bases y ácidos cambiables y porcentaje de saturación de aluminio para los subgrupos de los suelos Fluventic Eutrudepts, Lithic Udorthents, Typic Dystrudepts, Typic Dystrudepts - Lithic Udorthents, Typic Dystrudepts - Typic Endoaquents, Typic Endoaquents, Typic Udifluvents y Typic Udorthents; determinando que el cadmio disponible se encuentra dentro de los estándares de calidad ambiental del Perú (D.S. N°011-2017-MINAM).

3. El índice de calidad ambiental del suelo es de 41.48%, teniendo la calificación de un suelo de regular calidad ambiental para el distrito de José Crespo y Castillo.

VII. RECOMENDACIONES

1. Debido a que los suelos del distrito de José Crespo y Castillo tienen una muy buena calidad ambiental, la municipalidad debe gestionar el desarrollo de los proyectos públicos ambientales y productivos, e incentivar a la población rural y urbana a la inversión privada en plantaciones forestales, agroforestales, frutales, agrícolas y de pasturas.

2. Para mejorar los procesos de recuperación y restauración de suelos en la cabecera de la microcuenca del distrito de José Crespo y Castillo, realizar plantaciones de especies no maderables, la cual permitirá desinterés de la población en cuanto a la tala ilegal.

3. Determinar tamaños de muestra adecuadas por clasificación natural de suelos (Soil Taxonomy) para la obtención de muestras más representativas para el distrito de José Crespo y Castillo, esto permitirá proporcional un nivel de confianza más alta de calidad ambiental de suelo.

4. Realizar evaluaciones biológicas del suelo como la macrofauna, mesofauna, microorganismos, hongos y levaduras, esto permitirá definir mejor la calidad ambiental del suelo del distrito de José Crespo y Castillo.

5. Trabajar con la población del distrito de JCC, capacitándolos en temas de restauración ecológica, bosque, agua, aire, RR.SS., etc., la cual en el tiempo se concientizarán para conservar y proteger sus recursos naturales.

VIII. ABSTRACT

The objective of the research was to evaluate the environmental quality index of the soil in the Jose Crespo y Castillo district, Huanuco, Peru. The methodology for the research work consisted in the characterization of the modal profiles of the units of soil as a function of the soil taxonomy, a determination of the physicochemical properties of the soil as a function of the soil taxonomy, a contrast with the environmental quality standards for cadmium (Cd) in the soil, and a determination of the environmental quality index of the soil using the principal components analysis. It was concluded that the characteristics of the modal profiles of the units of soil as a function of the natural classification in soil taxonomy are: Fluventic Eutrudepts, Lithic Udorthents, Typic Dystrudepts, Typic Dystrudepts - Lithic Udorthents, Typic Dystrudepts - Typic Endoaquents, Typic Endoaquents, Typic Eutrudepts - Typic Eutrudepts, Typic Udifluvents and Typic Udorthents. The physicochemical parameters for the soil were: texture, pH, organic matter, nitrogen, available phosphorous, available potassium, available cadmium, effective cation exchange capacity (CEC; CICe in Spanish), calcium, magnesium, aluminum, hydrogen, exchangeable bases and acidity, and the percentage of aluminum saturation. It was determined that the available cadmium is found to be within the Peruvian environmental quality standards and that the environmental quality index of the soil is 41.48%; having an environmental quality classification of “average” soil for the JCC district.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACEVEDO, E., CARRASCO, A., LEON, O., SILVA, P., CASTILLO, G., BORIE, G., MARTINEZ, E., GONZÁLEZ, S., AHUMADA, l. 2005. Criterios de calidad del suelo agrícola. [En línea]: USDA, (http://soils.usda.gov/sqi/., informe, 22 Feb. 2006).

ALTIERI, M. 1997. Agroecología; Bases científicas para una agricultura sustentable. Ed. Centro de Investigación, Educación y Desarrollo. 2ed. Lima, Perú. 51P.

BARREZUETA, S., PAZ, A., CHABLA, C. 2017. Determinación de indicadores para calidad de suelos cultivados con caco en provincia de El Oro-Ecuador. Ecuador. 3(1): 17-24pp.

BAUTISTA, C., ETCHEVERS, B., DEL CASTILLO, R., GUTIÉRREZ, C. 2004. La calidad de los suelos y sus indicadores. [En línea]: AEE, (http://www.aeet.org/ecosistema/, 26 de oct. 2019).

BLUME, H.-P., BRÜMMER, G.W., FLEIGE, H., HORN, R., KANDELER, E., KÖGEL-KNABNER, I., KRETZSCHMAR, R., STAHR, K., WILKE, B.-M. 2016. Scheffer/Schachtschabel Soil Science. Editor Springer. 1era edición. Nueva York, Estados Unid. 618P.

CALDERON, F. 1999. Metodologías para el análisis químico del suelo. Labs. 6 junio. 1999.

CARBAJAL, Y., ESCOBAR, J., SAMBONI, N. 2007. Revisión de parámetros fisicoquímico como indicadores de calidad y contaminación del agua. Ingeniería e Investigación. Bogotá, Colombia. 172-181pp.

CARTER, M.R., GREGORICH, E.G., ANDERSON, D.W., DORAN, J.W., JANZEN, H.H. y PIERCE, F.J. 2002. Concepts of soil quality and their significance. En Soil quality for crop production and ecosystem health (eds. Gregorich, E.G. y Carter, M.). Elsevier Science Publishers, Amsterdam, Netherlands.

CHEN, Z. 2000. Relationship between heavy metal concentrations in soils of Taiwan and uptake by crops. [En línea]: FFTC, (http://www.fftc.agnet.org/, 26 oct. 2019).

CORREA, J. 2012. Calidad de suelos en diferentes sistemas de uso en el predio Tulumayo – UNAS – Tingo María. Tesis Ing. Conservación de Suelos y Aguas. Tingo María, Perú. UNAS. 120P.

DAZA, J. 2018. Evaluación de indicadores de calidad del suelo y carbono orgánico en dos sistemas de uso de la tierra en el distrito Rupa Rupa – Tingo María. Tesis Ing. Conservación de Suelos y Aguas. Tingo María, Perú. Universidad Nacional Agraria de la Selva. 76P.

DECRETO N° 3516. 2003. Norma de Calidad Ambiental del recurso suelo y criterios de remediación para suelos contaminados. Quito, Ecuador. 30P.

DECRETO SUPREMO N°011-2017-MINAM. 2017. Estándares de calidad ambiental (ECA) para suelo. El Peruano (Diario oficial del bicentenario).

DELGADO, R., ESPAÑA, M. 1999. Evaluación de la biomasa microbiana por los métodos fumigación-incubación y fumigación-extracción y su relación con

la disponibilidad de nitrógeno en suelos de Venezuela. Instituto de Investigaciones en Recursos Agroecológicas. Apdo. 4846. Maracay 2101. Estado Aragua. Venezuela.

DICTA. 2016. Manejo de suelos ácidos de las zonas altas de Honduras. Tegucigalpa, Honduras. 156P.

DORAN, J., LINCOLN, N. 1999. Guía para la evaluación de la calidad del suelo. [En línea]: USDA, (http://soils.usda.gov/sqi, Documento, 26 Oct. 2019).

DORAN, J.W. y PARKIN, B.T. 1994. Defining Soil Quality for a Sustainable Environment. Soil Science Society of America, Inc. Special Publication. Number 35. Madison, Wisconsin, USA.

FAO. 2016. Indicadores de la calidad de la tierra y su uso para la agricultura sostenible y el desarrollo rural. Departamento de Desarrollo Sostenible de la FAO, Roma (Italia). Boletín de tierras y aguas de la FAO 15. 219P.

GARCIA, L. 2014. Determinación de la influencia del abono orgánico (tropimax) en las propiedades del suelo y en el crecimiento del pino chuncho (*Schizolobium amazonicum*). Tesis. Tingo maría. UNAS. 95P.

GARCIA, Y., RAMIREZ, W., SÁNCHEZ, S. 2012. Indicadores de la calidad de los suelos: una nueva manera de evaluar este recurso. SciElo. España. 35(2): 125-138pp.

GUZMAN, G., GONZALES, M., SEVILLA, E. 2000. Introducción a la agroecología como desarrollo rural sostenible. Ed. Aedos S.A. Ediciones Mundi prensa. Madrid, España. 535P.

HEWITT, A. 2004. Soil properties for plant growth: A guide to recognizing soil attributes relevant to plant growth and plant selection. Landcare Research. Canterbury, New Zealand. 26P.

HERNANDEZ, R. 2007, Modelación hidrológica en la subcuenca lempa alto en cooperación con la comisión trinacional del plan trifino, Universidad de El Salvador, Honduras Guatemala. 08 de julio 2015.

HILLEL, D. 1998. Environmental soil physics. Academic Press. San Diego. U.S.A. 771P.

HOSOKAY, M. 2012. Calidad de suelos en diferentes sistemas de uso en Supte San Jorge – Tingo María. Tesis Ing. Conservación de Suelos y Aguas. Tingo María, Perú. Universidad Nacional Agraria de la Selva. 126P.

ISO 9001. 2015. Norma Internacional sistema de Gestión de calidad, requisitos. 5 ed. Ginebra, Suiza. 44P.

ISO 14055-1. 2017. Norma Internacional de sistema de Gestión Ambiental-Directrices para el establecimiento de buenas prácticas para combatir la degradación y la desertificación de los suelos. Ginebra, Suiza. 50P.

JARAMILLO, D.F., PARRA, L.N. y GONZÁLEZ, L.H. 1994. El recurso suelo en Colombia: Distribución y evaluación. Universidad Nacional de Colombia. Medellín. 88P.

JIMENEZ, M. 1995. Toxicología Avanzada. Madrid: Díaz de Santos.

KARLEN, L., MAUSBACH, M., DORAN, J., CUNE, F., HARRIS, E. 1997. Soil quality: A concept, definition, and framework for evaluation. Soil Sci. Soc. Am. J. 61:4-10.

LEY N° 8. 2007. Ley de suelo. España. 38P.

LUTERS, A. y SALAZAR, J.C. 2000. Soil quality test kit guide. Área de cartografia de suelos y evaluación de tierras. Instituto de suelos CRN-CNIA-INTA.

MARCELO, W. 2017. Manual de indicadores de calidad del suelo para las ecorregiones de Argentina. Ediciones INTA. CDD 631.4. Argentina. 293P.

MARTINEZ, E. 2003. Reacción del suelo (pH). Rev. Batuco. Universidad de Chile. 1-34pp.

MINAE. 2004. D.S. N°31849-MINAE-S-MOPT-MAG-MEIC. [En línea]: MINAE, (http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/cos77492.pdf, 26 oct 2019).

MOSCATELLI, G., SOBRAL, R., NAKAMA, V. 2005. Nueva tendencia para conocer el estado de los suelos. [En línea]: INTA, (http://www.inta.gov.ar/, Artículo, 26 oct. 2019).

NATIONAL RESOURCE CONSERVATION SOIL (NRCS). 2004. What is soil quality. [En Unea]: USDA, (http://soils.usda.gov/sailsoil_guality/what_is/, documento, 26 oct. 2019).

ROMIG, D.E., GARLYND, M.J., HARRIS, R.F. y McSWEENEY, K. 1995. How farmers assess soil health and quality. J. Soil Water Conservation 50: 229-236pp.

SÁNCHEZ, A., GIL, J., DELGADO, M., MARÍN, P., BLANCO, A., ORTIZ, R. 2015. El Sevier (CATENA). Mauricia, España. 131: 35-45pp.

SCHWEIZER, S. 2011. Muestreo y análisis del suelo para diagnóstico de su fertilidad. [En línea]: Mag, (http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/P33-9965.pdf, documentos, 28 de oct. 2019).

USDA. 1999. Guía para la evaluación de la calidad y salud del suelo. 12 ed. Estados unidos. 88P.

USDA. 2014. Claves para la clasificación de suelos. 12 ed. Estados unidos. 410P.

USDA. 2017. Soil Survey Manual. 18 ed. Estados Unidos. 639P.

VASÚ, D., KUMAR, S., KUMA, S., DURAISAMI, V., TIWARY, P., NIMKAR, A., ANANTWAR, S. 2016. Soil quality index (SQI) as a tool to evaluate crop productivity in semi-arid. Geoderma. Deccan plateau, India. 282 (1): 70-79pp.

WALSH, 2015. Modificación del Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto "Mejoras a la Seguridad Energética del País y Desarrollo del Gasoducto Sur Peruano - Componentes Auxiliares"-Suelo. [En línea]: WALSH, (http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/DGGAE/DGGAE/ARCHIVOS/estudios/EIAS%20-%20hidrocarburos/EIA/MODI-%20EIA-2015/5.1.1.5%20Suelos.pdf, Documento, 15 marzo, 2020)

ZEE-GRH. 2017. Meso zonificación ecológica y económica de las provincias de Huánuco. Marañón, Pachitea, Leoncio Prado y Puerto Inca del departamento de Huánuco. Oficio N°077-2017-MINAM/DVMDERN/DGOT.

x. ANEXOS

Anexo 01. Caracterización geográfica del área de trabajo y resultados del análisis de suelo

Cuadro 33. Caracterización geográfica del área de trabajo y resultados del análisis de suelo en los sectores del distrito de José Crespo y Castillo

Código de la muestra de suelo	Sectores	Coordenadas		Fisiografía	Geomorfología	Geología	Clasificación natural de Suelos (Soil Taxonomy)	Capacidad de uso mayor (CUM)	Zona de vida	Vegetación	ANÁLISIS MECÁNICO				ANÁLISIS DE FERTILIDAD							CAMBIABLES Cmol(+)/Kg							%	%	%
		Este	Norte								Arena	Arcilla	Limo	Clase textura	pH	M.O.	N	P disponible	K disponible	Cd disponible	CIC	Ca	Mg	K	Na	Al	H	ClCe	Bas. Camb.	Ac. Camb.	Sat. Al
		m.	m.								%	%	%		1:1	%	%	ppm	ppm	ppm											
58	Aspuzana S1	369208	9029698	Terrazas bajas de drenaje bueno a moderado, de tierras cálida a templada	Llanura de inundación fluvial	Depósitos aluviales recientes	Fluventic Eutrudepts	A2si	bosque muy húmedo Premontano Tropical	Complejo de vegetación de chacras y purmas	21	34	45	Franco Arcillo Limoso	6.72	1.52	0.08	6.48	114.95	0.21	7.50	5.30	1.58	0.49	0.13				100.00	0.00	0.00
35	Sant. María de Magd.- Sant. Rosa	365575	9028299	Terrazas bajas de drenaje bueno a moderado, de tierras cálida a templada	Llanura de inundación fluvial	Depósitos aluviales recientes	Fluventic Eutrudepts	A2si	bosque muy húmedo Premontano Tropical	Complejo de vegetación de chacras y purmas	43	32	25	Franco Arcilloso	4.81	0.78	0.04	10.01	64.47	0.14		6.18	0.90			1.50	0.10	8.69	81.59	18.41	17.26
28	Puerto Alegre de Mohema	377767	9005088	Terrazas bajas de drenaje bueno a moderado, de tierras cálida a templada	Llanura de inundación fluvial	Depósitos aluviales recientes	Fluventic Eutrudepts	A2si	bosque húmedo Tropical	Complejo de vegetación de chacras y purmas	25	24	51	Franco Limo	6.71	1.63	0.07	10.20	67.47	0.16	11.35	9.21	1.63	0.16	0.35				100.00	0.00	0.00
66	Monte de los Olivos	365286	8995818	Montañas bajas de laderas extremadamente empinadas, de tierras cálida a templada	Montañas y colinas ígneas intrusivas	Intrusivos granito granodioritas	Lithic Udorthents	Xes	bosque muy húmedo Premontano Tropical	Bosques de montañas bajas de la cordillera oriental	21	46	33	Arcilloso	4.38	1.31	0.07	2.07	139.89	0.09		3.49	0.58			4.80	0.10	8.97	45.39	54.61	53.49
39	San Isidro de Languermack	375100	9010541	Terrazas medias de drenaje bueno a moderado, de tierras cálida a templada	Llanura no inundable pleistocénica	Depósitos aluviales subrecientes	Typic Dystrudepts	A3s	bosque húmedo Tropical	Complejo de vegetación de chacras y purmas	45	18	37	Franco	5.14	0.78	0.04	7.58	67.47	0.12		4.26	0.99			1.30	0.10	6.65	7.94	21.06	19.56
33	Sucre	367769	9019794	Terrazas medias de drenaje bueno a moderado, de tierras cálida a templada	Llanura no inundable pleistocénica	Depósitos aluviales subrecientes	Typic Dystrudepts	A3s	bosque muy húmedo Premontano Tropical	Complejo de vegetación de chacras y purmas	31	24	45	Franco	5.25	0.78	0.04	4.21	61.97	0.15		6.93	1.09			0.60	0.20	8.82	90.93	9.07	6.80
37	UTC Bambú	375923	9009315	Terrazas medias de drenaje bueno a moderado, de tierras cálida a templada	Llanura no inundable pleistocénica	Depósitos aluviales subrecientes	Typic Dystrudepts	A3s	bosque húmedo Tropical	Complejo de vegetación de chacras y purmas	35	26	39	Franco	6.18	1.99	0.09	13.10	64.97	0.16	16.57	13.58	2.28	0.16	0.55				100.00	0.00	0.00
41	Victor Languemack	375072	9013712	Terrazas medias de drenaje bueno a moderado, de tierras cálida a templada	Llanura no inundable pleistocénica	Depósitos aluviales subrecientes	Typic Dystrudepts	A3s	bosque húmedo Tropical	Complejo de vegetación de chacras y purmas	39	16	45	Franco	6.23	1.07	0.05	11.23	78.47	0.16	9.14	7.23	1.63	0.10	0.18				100.00	0.00	0.00
40	Encanto Salvador - Alto Corvina	375458	9002218	Colinas altas fuertemente disectadas, de tierras cálida a templada	Montañas detríticas paleozoicas	Formación Ene	Typic Dystrudepts	F3es - C3es	bosque muy húmedo Premontano Tropical	Complejo de vegetación de chacras y purmas	29	34	37	Franco Arcilloso	4.37	0.85	0.04	8.42	64.97	0.12		5.07	0.87			3.70	0.30	9.94	59.76	40.24	37.22
64	Nueva Colina	374436	9006458	Colinas altas de ligera a moderadamente disectadas, de tierras cálida a templada	Montañas detríticas paleozoicas	Formación Ene	Typic Dystrudepts	F3es - C3es	bosque muy húmedo Premontano Tropical	Complejo de vegetación de chacras y purmas	45	28	27	Franco Arcilloso	4.42	1.10	0.06	2.47	38.98	0.11		4.56	0.63			1.20	0.40	6.79	76.42	23.58	17.69
46	Nueva Colina	374876	9008497	Terrazas medias de drenaje bueno a moderado, de tierras cálida a templada	Llanura no inundable pleistocénica	Depósitos aluviales subrecientes	Typic Dystrudepts	A3s	bosque húmedo Tropical	Complejo de vegetación de chacras y purmas	39	28	33	Franco Arcilloso	4.51	0.78	0.04	1.12	63.97	0.12		5.06	0.89			3.40	0.70	10.04	59.17	40.83	33.86
49	Pavayacu	368761	9023086	Terrazas medias de drenaje bueno a moderado, de tierras cálida a templada	Llanura no inundable pleistocénica	Depósitos aluviales subrecientes	Typic Dystrudepts	A3s	bosque húmedo Tropical	Complejo de vegetación de chacras y purmas	29	34	37	Franco Arcilloso	5.24	0.78	0.04	3.09	64.97	0.14		5.57	1.01			0.80	0.10	7.48	87.97	12.03	10.69
51	San Martín de Pucate	373500	9014986	Terrazas medias de drenaje bueno a moderado, de tierras cálida a templada	Llanura no inundable pleistocénica	Depósitos aluviales subrecientes	Typic Dystrudepts	A3s	bosque húmedo Tropical	Complejo de vegetación de chacras y purmas	55	12	33	Franco Arenoso	6.24	0.85	0.04	12.54	78.47	0.16	11.98	9.58	1.69	0.46	0.26				100.00	0.00	0.00
52	San José de Pucate	372129	9020335	Terrazas medias de drenaje bueno a moderado, de tierras cálida a templada	Llanura no inundable pleistocénica	Depósitos aluviales subrecientes	Typic Dystrudepts	A3s	bosque húmedo Tropical	Complejo de vegetación de chacras y purmas	31	16	53	Franco Limoso	4.54	0.92	0.04	9.82	59.97	0.13		3.26	0.56			1.30	0.20	5.32	71.82	28.18	24.42

60	La Primavera	372616	9014440	Colinas altas ligera a moderadamente disectada, de tierras cálida a templada	Montañas detríticas paleozoicas	Formación Ene	Typic Dystrudepts - Lithic Udorthents	F3es - Xes	bosque muy húmedo Premontano Tropical	Complejo de vegetación de chacras y purmas	43	44	13	Arcilloso	4.33	1.07	0.05	5.92	77.64	0.10	4.44	0.95	0.72	0.18	6.29	85.69	14.31	11.45
65	Alta Corvina	371583	9002325	Montañas bajas de laderas muy empinadas, de tierras cálida a templada	Montañas detríticas paleozoicas	Formación Ene	Typic Dystrudepts - Lithic Udorthents	C3es - F3es	bosque muy húmedo Premontano Tropical	Complejo de vegetación de chacras y purmas	21	50	29	Arcilloso	4.39	1.81	0.09	2.15	152.26	0.12	3.67	0.61	3.39	0.11	7.78	55.03	44.97	43.55
44	Santa Isabel	372537	9022092	Colinas altas ligera a moderadamente disectada, de tierras cálida a templada	Colinas estructurales - plegadas	Grupo Pucará	Typic Dystrudepts - Lithic Udorthents	F3es - Xes	bosque húmedo Tropical	Complejo de vegetación de chacras y purmas	21	50	29	Arcilloso	4.66	0.78	0.04	9.58	54.53	0.11	4.33	0.97	5.20	0.80	11.30	46.89	53.11	46.03
56	Las Mercedes - Yacusisa	380638	9014014	Montañas bajas de laderas empinadas, de tierras cálida a templada	Montañas kársticas mesozoicas	Formación Chonta	Typic Dystrudepts - Lithic Udorthents	C3es - Xes	bosque húmedo Tropical	Complejo de vegetación de chacras y purmas	31	40	29	Arcilloso	4.68	2.63	0.12	4.21	62.32	0.12	7.68	1.00	4.80	0.40	13.88	62.52	37.48	34.59
30	Mantaro	367283	9012548	Montañas bajas de laderas muy empinadas, de tierras cálida a templada	Montañas detríticas paleozoicas	Formación Ene	Typic Dystrudepts - Lithic Udorthents	F3es - Xes	bosque muy húmedo Premontano Tropical	Complejo de vegetación de chacras y purmas	35	50	15	Arcilloso	4.91	4.23	0.19	1.40	61.47	0.12	4.34	0.83	2.10	0.70	7.97	64.86	35.14	26.35
25	Túpac Amaru	383313	9009036	Colinas altas ligera a moderadamente disectada, de tierras cálida a templada	Colinas estructurales - plegadas	Formación Yahuarango	Typic Dystrudepts - Lithic Udorthents	F3es - Xes	bosque húmedo Tropical	Complejo de vegetación de chacras y purmas	85	10	5	Arena Franco	4.59	0.85	0.04	9.64	55.98	0.13	3.62	0.86	2.10	0.10	6.68	67.06	32.94	31.44
47	Alto Unión S2	379145	9026159	Montañas bajas de laderas empinadas, de tierras cálida a templada	Montañas kársticas mesozoicas	Formación Chonta	Typic Dystrudepts - Lithic Udorthents	C3es - Xes	bosque muy húmedo Premontano Tropical	Complejo de vegetación de chacras y purmas	33	30	37	Franco Arcilloso	4.36	1.28	0.06	5.33	58.47	0.11	3.63	0.78	5.20	0.80	10.40	42.33	57.67	49.98
48	Alto Montaña Verde	381952	9023042	Montañas bajas de laderas empinadas, de tierras cálida a templada	Montañas kársticas mesozoicas	Formación Chonta	Typic Dystrudepts - Lithic Udorthents	C3es - Xes	bosque húmedo Tropical	Complejo de vegetación de chacras y purmas	31	34	35	Franco Arcilloso	4.61	0.71	0.03	4.77	81.96	0.11	4.91	0.84	5.10	0.60	11.45	50.22	49.78	44.54
45	Bijao de Magdalena	372068	9016153	Colinas altas ligera a moderadamente disectada, de tierras cálida a templada	Montañas detríticas paleozoicas	Formación Ene	Typic Dystrudepts - Lithic Udorthents	F3es - Xes	bosque húmedo Tropical	Complejo de vegetación de chacras y purmas	29	34	37	Franco Arcilloso	4.76	1.92	0.09	2.90	69.97	0.12	3.87	0.88	3.70	0.20	8.65	54.93	45.07	42.76
38	La Primavera	372033	9014184	Colinas altas ligera a moderadamente disectada, de tierras cálida a templada	Montañas detríticas paleozoicas	Formación Ene	Typic Dystrudepts - Lithic Udorthents	F3es - Xes	bosque húmedo Tropical	Complejo de vegetación de chacras y purmas	43	36	21	Franco Arcilloso	4.78	0.85	0.04	5.43	52.63	0.12	5.20	0.92	3.10	0.70	10.00	61.99	38.01	31.01
55	Chimbote Bajo	381410	9016486	Montañas bajas de laderas empinadas, de tierras cálida a templada	Montañas estructuales plegadas	Formación Yahuarango	Typic Dystrudepts - Lithic Udorthents	C3es - Xes	bosque húmedo Tropical	Complejo de vegetación de chacras y purmas	33	28	39	Franco Arcilloso	5.90	3.62	0.16	6.27	65.47	0.16	17.77	15.09	2.41	0.08	0.19			100.00	0.00	0.00
26	Cristo Rey	381773	9019870	Montañas bajas de laderas empinadas, de tierras cálida a templada	Montañas estructuales plegadas	Formación Yahuarango	Typic Dystrudepts - Lithic Udorthents	C3es - Xes	bosque húmedo Tropical	Complejo de vegetación de chacras y purmas	25	36	39	Franco Arcilloso	4.47	1.78	0.08	10.01	60.47	0.10	4.70	0.97	7.90	0.60	14.17	40.00	60.00	55.77
22	Alto Belen	385966	9012787	Montañas bajas de laderas empinadas, de tierras cálida a templada	Montañas kársticas mesozoicas	Formación Chonta	Typic Dystrudepts - Lithic Udorthents	C3es - Xes	bosque muy húmedo Premontano Tropical	Complejo de vegetación de chacras y purmas	59	22	19	Franco Arcilloso	4.62	0.78	0.04	4.96	54.98	0.11	3.52	0.78	5.20	0.30	9.80	43.85	56.15	53.09
54	Alto Yacusisa	383554	9014833	Montañas bajas de laderas empinadas, de tierras cálida a templada	Montañas estructuales plegadas	Formación Yahuarango	Typic Dystrudepts - Lithic Udorthents	C3es - Xes	bosque húmedo Tropical	Complejo de vegetación de chacras y purmas	49	26	25	Franco Arcilloso Arenoso	4.33	1.78	0.08	5.43	57.47	0.11	3.72	0.84	5.30	0.50	10.36	44.00	56.00	51.17
57	Alto Chimbote	382358	9016744	Montañas bajas de laderas empinadas, de tierras cálida a templada	Montañas estructuales plegadas	Formación Yahuarango	Typic Dystrudepts - Lithic Udorthents	C3es - Xes	bosque húmedo Tropical	Complejo de vegetación de chacras y purmas	55	24	21	Franco Arcilloso Arenoso	4.41	2.42	0.11	4.12	61.07	0.10	4.09	0.92	6.90	0.20	12.11	41.35	58.65	56.99
23	La Colpa	386942	9013917	Montañas bajas de laderas empinadas, de tierras cálida a templada	Montañas kársticas mesozoicas	Formación Chonta	Typic Dystrudepts - Lithic Udorthents	C3es - Xes	bosque muy húmedo Premontano Tropical	Complejo de vegetación de chacras y purmas	53	18	29	Franco Arenoso	4.49	1.14	0.05	7.30	61.97	0.11	4.44	0.76	5.10	0.30	10.60	49.07	50.93	48.10
32	Alto Victoria	380240	9021675	Montañas bajas de laderas empinadas, de tierras cálida a templada	Montañas estructuales plegadas	Formación Yahuarango	Typic Dystrudepts - Lithic Udorthents	C3es - Xes	bosque húmedo Tropical	Complejo de vegetación de chacras y purmas	67	18	15	Franco Arenoso	5.10	1.21	0.05	4.58	65.47	0.14	5.34	1.20	1.10	0.10	7.74	84.49	15.51	14.22

24	Alto Sangapilla	378236	9012509	Terrazas altas ligera a moderadamente disectadas, de tierras cálida a templada	Planicie erosiva pleistocénica	Depósitos aluviales pleistocénicos	Typic Dystrudepts - Typic Endoaquents	A2s	bosque húmedo Tropical	Complejo de vegetación de chacras y purmas	35	44	21	Arcilloso	5.02	0.78	0.04	11.51	78.97	0.12		4.86	0.89			2.70	0.20	8.65	66.47	33.53	31.22
27	Nuevo Progreso	379723	9014304	Terrazas altas ligera a moderadamente disectadas, de tierras cálida a templada	Planicie erosiva pleistocénica	Depósitos aluviales pleistocénicos	Typic Dystrudepts - Typic Endoaquents	A2s	bosque húmedo Tropical	Complejo de vegetación de chacras y purmas	39	24	37	Franco	6.22	1.78	0.08	9.82	66.47	0.16	11.52	9.32	1.58	0.25	0.38				100.00	0.00	0.00
36	Cotomonillo	376118	9020994	Terrazas altas ligera a moderadamente disectadas, de tierras cálida a templada	Planicie erosiva pleistocénica	Depósitos aluviales pleistocénicos	Typic Dystrudepts - Typic Endoaquents	A2s	bosque húmedo Tropical	Complejo de vegetación de chacras y purmas	33	22	45	Franco	6.45	3.27	0.15	19.37	75.47	0.16	12.49	10.22	1.86	0.19	0.22				100.00	0.00	0.00
43	Nuevo Copal	379596	9009942	Terrazas altas ligera a moderadamente disectadas, de tierras cálida a templada	Planicie erosiva pleistocénica	Depósitos aluviales pleistocénicos	Typic Dystrudepts - Typic Endoaquents	A2s	bosque húmedo Tropical	Complejo de vegetación de chacras y purmas	41	32	27	Franco Arcilloso	4.64	2.77	0.12	6.36	62.97	0.12		4.54	0.97			3.00	0.49	8.91	61.84	38.16	33.67
42	San Francisco	379571	9008506	Terrazas altas ligera a moderadamente disectadas, de tierras cálida a templada	Planicie erosiva pleistocénica	Depósitos aluviales pleistocénicos	Typic Dystrudepts - Typic Endoaquents	A2s	bosque húmedo Tropical	Complejo de vegetación de chacras y purmas	43	28	29	Franco Arcilloso	4.80	2.13	0.10	4.58	51.48	0.12		4.07	0.80			3.10	0.40	8.37	58.20	41.80	37.02
29	Cerro Alegre	373876	9010450	Terrazas medias de drenaje imperfecto a pobre, de tierras cálida a templada	Llanura no inundable pleistocénica	Depósitos aluviales subrecientes	Typic Dystrudepts - Typic Endoaquents	A3s - Xsw	bosque húmedo Tropical	Complejo de vegetación de chacras y purmas	71	20	9	Franco Arcilloso Arenoso	4.73	0.78	0.04	10.85	59.47	0.10		3.69	0.85			6.20	1.20	11.94	38.02	61.98	51.93
34	La Victoria	379136	9017606	Terrazas altas ligera a moderadamente disectadas, de tierras cálida a templada	Planicie erosiva pleistocénica	Depósitos aluviales pleistocénicos	Typic Dystrudepts - Typic Endoaquents	A2s	bosque húmedo Tropical	Complejo de vegetación de chacras y purmas	57	14	29	Franco Arenoso	4.45	0.85	0.04	23.21	63.47	0.10		4.25	0.95			6.90	0.60	12.70	40.92	59.08	54.35
50	Río Frio	379585	9007506	Terrazas altas ligera a moderadamente disectadas, de tierras cálida a templada	Planicie erosiva pleistocénica	Depósitos aluviales pleistocénicos	Typic Dystrudepts - Typic Endoaquents	A2s	bosque húmedo Tropical	Complejo de vegetación de chacras y purmas	53	16	31	Franco Arenoso	4.86	1.56	0.07	2.90	63.97	0.13		4.44	1.15			1.60	0.20	7.39	75.64	24.36	21.65
62	Aspuzana S2	370643	9028550	Terrazas medias de drenaje imperfecto a pobre, de tierras cálida a templada	Llanura no inundable pleistocénica	Depósitos aluviales subrecientes	Typic Dystrudepts - Typic Endoaquents	A3s - Xsw	bosque muy húmedo Premontano Tropical	Complejo de vegetación de chacras y purmas	53	14	33	Franco Arenoso	7.93	1.08	0.05	6.64	113.20	0.15	4.35	3.16	0.65	0.45	0.09				100.00	0.00	0.00
59	Alto Union S1	370050	9027220	Terrazas altas de drenaje muy pobre, de tierras calida a templada	Planicie erosiva pleistocénica	Depósitos aluviales pleistocénicos	Typic Endoaquents	Xsw	bosque muy húmedo Premontano Tropical	Complejo de vegetación de chacras y purmas	53	28	19	Franco Arcilloso Arenoso	4.87	1.31	0.07	3.60	145.20	0.11		4.41	0.75			0.40	0.30	5.86	88.05	11.95	6.83
53	Nueva Aspuzana - 7 de Octubre	369797	9023678	Terrazas medias de drenaje muy pobre, de tierras cálida a templada	Cubetas fluvio - lacustres y palustres	Depósitos palustres	Typic Endoaquents	Xsw	bosque húmedo Tropical	Complejo de vegetación de chacras y purmas	53	14	33	Franco Arenoso	5.60	1.78	0.08	5.14	62.47	0.16	9.73	7.65	1.79	0.07	0.22				100.00	0.00	0.00
61	Santa Isabela	374696	9024957	Islas, de tierras cálidas a templadas	Islas	Depósitos aluviales recientes	Typic Udifluvents	A3si	bosque húmedo Tropical	Complejo de vegetación de chacras y purmas	49	14	37	Franco	7.98	1.23	0.06	7.53	178.38	0.18	6.63	3.81	2.17	0.55	0.10				100.00	0.00	0.00
63	Nuevo Horizonte	364707	8992950	Valle intermontano de drenaje bueno a moderado, de tierras cálida a templada	Fondo de valle fluvial	Depósitos aluviales recientes	Typic Udorthents	C3es - F3es	bosque muy húmedo Premontano Tropical	Bosques de montañas bajas de la cordillera oriental	21	52	27	Arcilloso	4.51	1.79	0.09	3.84	83.96	0.10		6.23	1.61			2.86	0.54	11.24	69.75	30.25	25.44
31	Bolognesi	370235	9007287	Valle intermontano de drenaje bueno a moderado, de tierras cálida a templada	Fondo de valle fluvial	Depósitos aluviales recientes	Typic Udorthents	C3es - F3es	bosque muy húmedo Premontano Tropical	Complejo de vegetación de chacras y purmas	55	18	27	Franco Arenoso	4.88	0.71	0.03	6.17	70.47	0.12		3.99	0.90			2.90	0.20	7.99	61.18	38.82	36.31

Anexo 02. Resultados estadísticos de los componentes principales

Cuadro 34. Resultados del análisis de componentes principales (ACP) y valores propios de los parámetros fisicoquímicos

ACP	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	F12	F13	F14	F15	F16	F17	F18	F19	F20
Valor propio	6.23	3.68	2.46	2.30	1.75	0.92	0.79	0.69	0.52	0.45	0.36	0.34	0.17	0.15	0.09	0.07	0.03	0.01	0.00	0.00
Variabilidad (%)	29.67	17.54	11.71	10.95	8.31	4.38	3.77	3.27	2.48	2.12	1.71	1.61	0.80	0.73	0.44	0.34	0.13	0.03	0.02	0.00
% acumulado	29.67	47.21	58.92	69.86	78.18	82.56	86.33	89.60	92.08	94.20	95.91	97.52	98.32	99.05	99.49	99.83	99.96	99.98	100.00	100.00
Parámetros	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	F12	F13	F14	F15	F16	F17	F18	F19	F20
Clasificación natural de Suelos (Soil Taxonomy)	0.03	-0.07	0.15	0.02	-0.49	0.52	-0.14	0.50	0.07	0.20	-0.27	-0.07	0.04	0.07	0.11	-0.16	0.13	-0.02	-0.01	0.00
Arena (%)	0.05	-0.19	-0.03	-0.43	-0.46	-0.15	-0.02	-0.19	-0.15	-0.04	0.11	0.00	0.03	-0.02	-0.07	-0.03	-0.02	0.01	-0.01	0.00
Arcilla (%)	0.12	0.17	-0.09	0.47	0.14	0.33	0.26	-0.17	0.18	-0.27	-0.17	-0.07	-0.20	0.06	0.18	0.00	0.06	-0.02	0.01	0.00
Limo (%)	-0.20	0.08	0.14	0.08	0.48	-0.14	-0.25	0.44	0.02	0.35	0.03	0.08	0.19	-0.04	-0.09	0.05	-0.04	0.01	-0.01	0.00
pH (1:1)	-0.33	-0.12	0.27	0.00	-0.01	-0.02	0.01	-0.08	-0.03	0.12	0.13	-0.17	-0.27	-0.29	0.64	-0.12	-0.38	-0.08	-0.06	0.00
M.O. (%)	-0.10	0.32	0.05	0.31	-0.35	-0.32	-0.12	-0.08	0.14	0.14	-0.01	-0.08	0.04	-0.01	-0.06	0.00	-0.06	-0.11	0.70	0.03
N (%)	-0.09	0.31	0.05	0.35	-0.34	-0.29	-0.12	-0.10	0.15	0.12	0.02	-0.06	0.03	-0.03	-0.11	0.02	0.02	0.12	-0.69	-0.03
P disponible ppm	-0.09	0.09	0.25	-0.39	0.10	0.08	-0.24	-0.17	0.79	-0.19	-0.08	-0.01	0.00	0.04	-0.07	-0.02	-0.04	0.02	0.00	0.00
K disponible ppm	-0.10	-0.24	0.15	0.33	-0.01	0.39	-0.39	-0.24	-0.08	-0.11	0.56	0.06	0.11	0.02	-0.25	-0.16	-0.03	0.01	0.04	0.00
Cd disponible ppm	-0.35	-0.08	0.13	0.00	0.07	-0.17	0.08	-0.09	-0.09	0.06	-0.12	0.06	-0.25	0.64	-0.05	-0.51	0.18	-0.07	-0.02	0.00
CIC (meq/100g.)	-0.05	0.41	-0.23	-0.14	-0.03	0.17	-0.14	-0.13	-0.09	0.03	0.02	0.55	0.20	0.03	0.23	-0.12	-0.09	-0.50	-0.09	-0.06
Ca Cmol(+)/Kg	-0.28	0.32	0.00	-0.11	0.01	0.11	0.03	-0.07	-0.18	-0.16	-0.07	0.15	0.19	-0.27	0.11	-0.28	0.22	0.66	0.11	0.08
Mg Cmol(+)/Kg	-0.32	0.18	0.18	-0.07	-0.10	0.20	-0.04	0.02	-0.21	-0.07	-0.09	0.25	-0.45	0.15	-0.23	0.56	-0.22	0.13	0.02	0.02
K Cmol(+)/Kg	0.02	-0.35	0.24	0.14	0.03	0.05	0.07	-0.48	0.01	0.42	-0.45	0.31	0.22	-0.12	-0.02	0.13	0.08	0.04	0.02	0.00
Na Cmol(+)/Kg	-0.02	0.30	-0.23	-0.22	0.12	0.33	0.00	-0.31	-0.08	0.54	0.06	-0.50	-0.08	0.06	-0.13	-0.01	0.00	0.02	0.00	0.00
Al Cmol(+)/Kg	0.19	0.19	0.46	-0.08	0.06	-0.06	-0.20	-0.10	-0.22	-0.08	0.11	-0.15	0.04	0.13	0.33	0.30	0.58	-0.13	0.00	0.04
H Cmol(+)/Kg	0.12	0.16	0.36	-0.05	-0.07	0.08	0.66	0.10	0.18	0.24	0.46	0.23	0.07	0.04	-0.08	-0.03	0.01	0.04	0.02	-0.07
CICe (Cmol(+)/Kg)	0.14	0.22	0.47	-0.04	0.08	0.03	0.09	-0.02	-0.29	-0.24	-0.28	-0.21	0.12	-0.21	-0.37	-0.28	-0.29	-0.26	-0.06	-0.03
Bas. Camb. (%)	-0.36	-0.05	-0.02	0.02	-0.06	0.07	0.20	-0.02	-0.02	-0.19	-0.03	-0.27	0.65	0.37	0.14	0.28	-0.22	0.00	-0.02	-0.01
Ac. Camb. (%)	0.39	0.08	0.07	0.01	0.02	-0.03	-0.11	-0.02	-0.03	0.08	0.01	0.09	0.04	0.28	0.13	-0.06	-0.35	0.22	-0.03	0.73
Sat. Al (%)	0.38	0.08	0.08	0.01	0.03	-0.04	-0.20	-0.04	-0.07	0.04	-0.03	0.05	0.02	0.30	0.18	-0.04	-0.31	0.35	0.05	-0.67

Cuadro 35. Contribución estadística en porcentaje de los sectores por factor

Puntos de muestreo	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Puerto Alegre de Mohena	5.4440	1.9083	0.0022	0.4503	6.7289	0.5176
Sant. María de Magd.-Sant. Rosa	0.1523	0.3818	2.4303	0.5035	2.2082	0.5826
Aspuzana S1	5.4145	3.4826	5.2353	6.0843	5.2906	4.1672
Monte de los Olivos	2.6258	0.0065	0.5496	6.7911	4.0721	0.6723
Sucre	1.5284	0.4062	1.5514	0.0065	3.5842	0.1087
UTC Bambú	7.6894	14.1981	0.9303	4.9976	0.7416	9.1029
San Isidro de Languermack	0.0820	1.1083	2.8688	0.8362	1.2081	0.8937
Encanto Salvador - Alto Corvina	0.5688	0.0078	0.0555	0.0032	4.1879	0.0162
Víctor Languemack	3.7551	0.0686	0.5969	1.1451	1.3121	1.3176
Nueva Colina	0.8323	0.0035	0.0064	0.0115	1.1923	0.0341
Pavayacu	0.7913	0.7406	3.6142	0.3270	2.7552	0.0137
San Martín de Pucate	3.8896	0.5896	1.1222	4.2940	0.1638	0.2537
San José de Pucate	0.0510	1.1022	3.1329	0.2792	5.3387	2.3623
Nueva Colina	0.1057	0.3490	5.0014	0.0126	0.0009	1.2803
Alto Belén	3.3503	0.1959	0.0223	1.8582	0.1718	0.3414
La Colpa	1.9231	0.0089	0.1018	1.4890	0.0053	0.8635
Túpac Amaru	0.3475	2.7971	3.4729	8.0792	6.0109	1.1680
Cristo Rey	3.5081	3.2338	6.9581	0.1331	2.0790	0.1097
Alto Victoria	0.3317	1.5600	3.0226	1.5374	2.9017	0.2601
La Primavera	0.7929	0.0000	0.0020	0.1933	0.0197	0.5496
Santa Isabel	2.7969	0.8174	1.4880	0.1212	3.3154	2.9626
Bijao de Magdalena	0.5971	0.1020	0.3758	2.1802	0.2420	0.8166
Alto Unión S2	3.0863	0.4220	0.9061	0.0120	0.9667	0.1229
Alto Montaña Verde	1.9264	0.0381	0.8506	0.0086	2.7690	1.3437
Alto Yacusisa	2.8997	0.2788	0.1975	0.0386	0.4057	1.5281
Chimbote Bajo	8.6887	15.9132	0.0655	0.5055	3.7513	0.9338
Las Mercedes - Yacusisa	0.3389	3.2828	1.2860	2.4751	0.1247	0.8422
Alto Chimbote	3.3274	0.9692	0.7330	0.0167	2.2825	4.8666
La Primavera	0.0106	0.8323	7.0470	0.3380	0.4474	3.1598
Mantaro	0.1399	2.8536	0.5589	13.1405	10.0321	5.6120
Alta Corvina	0.7938	0.0671	1.0904	11.2888	0.4273	2.6452
Alto Sangapilla	0.2085	0.2207	0.4159	0.0033	0.2173	4.7619
Nuevo Progreso	3.9450	1.0949	0.0247	0.8292	0.0028	1.9173
Cerro Alegre	5.7144	0.0420	5.2001	6.8919	3.1193	0.3866
La Victoria	3.0791	0.2422	7.4413	10.7083	0.0495	0.1176

Cotomonillo	7.1417	4.2508	2.0896	0.0011	1.2995	1.0643
San Francisco	0.5134	0.0834	0.2911	0.3519	1.2284	1.5729
Nuevo Copal	0.2297	0.6282	0.0187	1.2902	2.6412	1.2587
Río Frio	0.1064	0.6044	1.7692	0.1048	1.3185	0.7114
Aspuzana S2	1.6443	15.6283	6.8131	0.5443	0.3721	2.5601
Nueva Aspuzana - 7 de Octubre	2.9279	0.1049	0.0200	0.9422	3.2173	0.3106
Alto Unión S1	0.1615	2.7864	3.7527	0.9676	4.2004	6.4853
Santa Isabela	5.9151	13.9827	16.2794	2.0705	2.8744	5.2038
Bolognesi	0.4486	1.5646	0.2621	1.4412	2.7104	5.0489
Nuevo Horizonte	0.1748	1.0410	0.3462	4.6962	2.0118	19.1520

Anexo 03. Panel fotográfico

Foto 01. Realización de la calicata en el sector Alto Corvina

Foto 02. Paisaje del sector Alto Corvina

Foto 03. Calicata del sector Alto Unión – S1

Foto 04. Paisaje del sector Alto Unión – S1

Foto 05. Calicata del sector La Primavera

Foto 06. Paisaje del sector La Primavera

Foto 07. Calicata del sector Monte de los Olivos

Foto 08. Paisaje del sector Monte de los Olivos

Foto 09. Calicata del sector Nueva Aspuzana – S1

Foto 10. Paisaje del sector Nuevo Aspuzana – S1

Foto 11. Calicata del sector Nueva Aspuzana – S2

Foto 12. Paisaje del sector Nueva Aspuzana – S2

Foto 13. Calicata del sector Nueva Colina

Foto 14. Paisaje del sector Nueva Colina

Foto 15. Calicata en el sector Nuevo Horizonte

Foto 16. Paisaje en el sector Nuevo Horizonte

Foto 17. Calicata del sector Santa Isabela

Foto 18. Paisaje del sector Santa Isabela

Foto 19. Calicata y paisaje del sector Las Mercedes

Foto 20. Calicata y paisaje del sector San Isidro Languermack

Foto 21. Calicata y paisaje del sector Bolognesi

Foto 22. Calicata y paisaje del sector Alto Chimbote

Foto 23. Calicata y paisaje del sector La Colpa

Foto 24. Calicata y paisaje del sector Mantaro

Foto 25. Calicata y paisaje del sector Cotomonillo

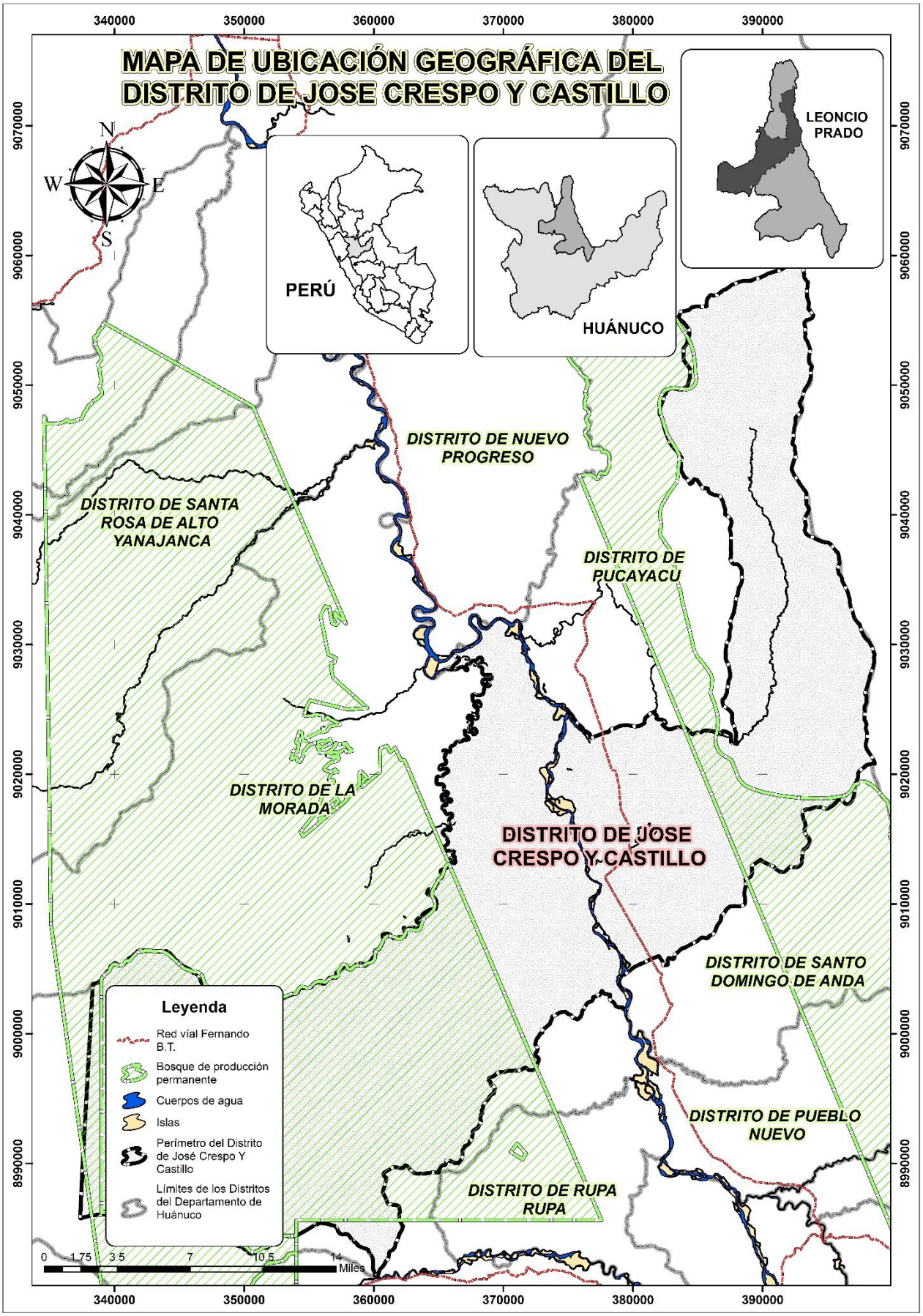
Foto 26. Calicata y paisaje del sector Alto Unión – S2

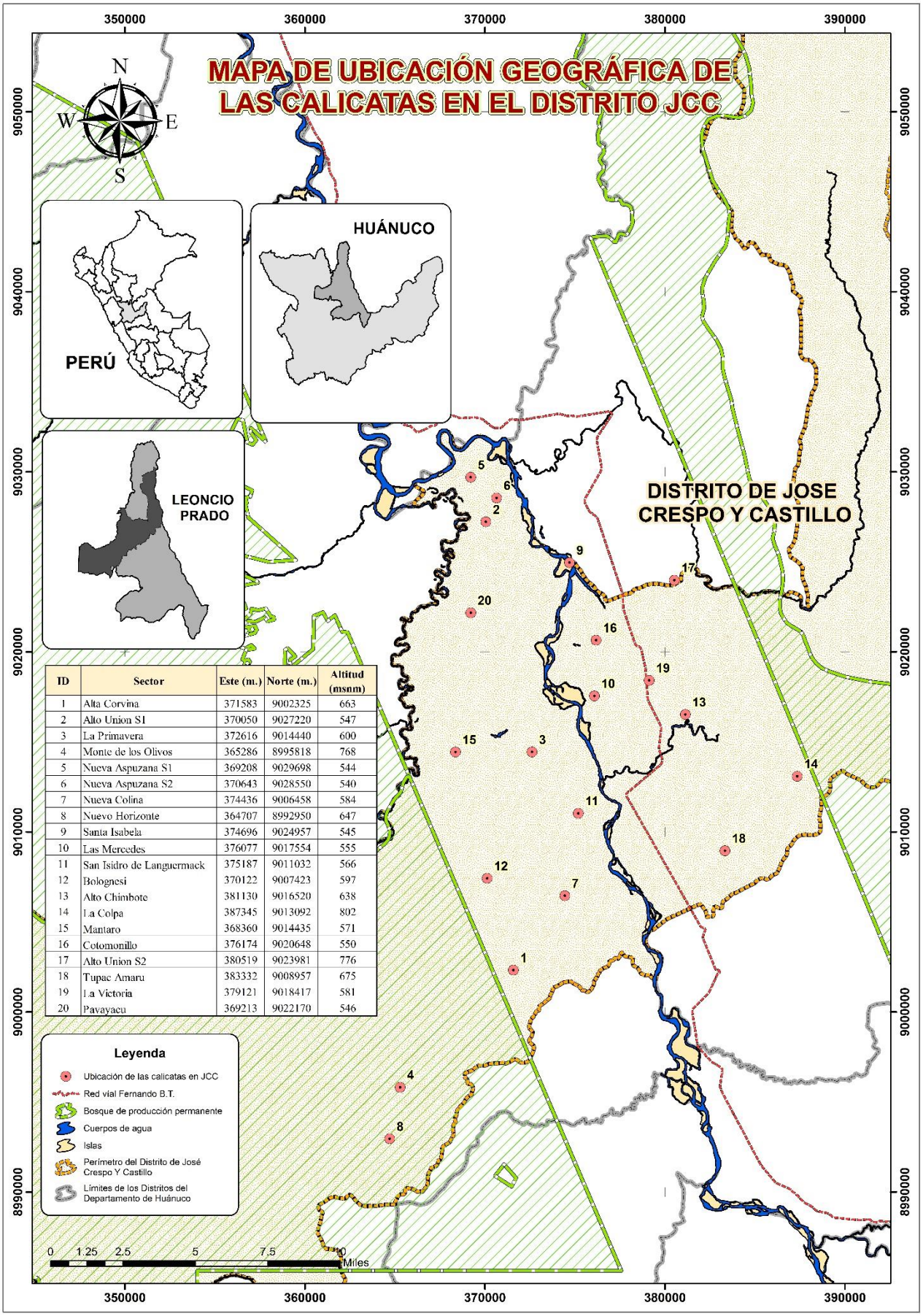
Foto 27. Calicata y paisaje del sector Túpac Amaru

Foto 28. Calicata y paisaje del sector La Victoria

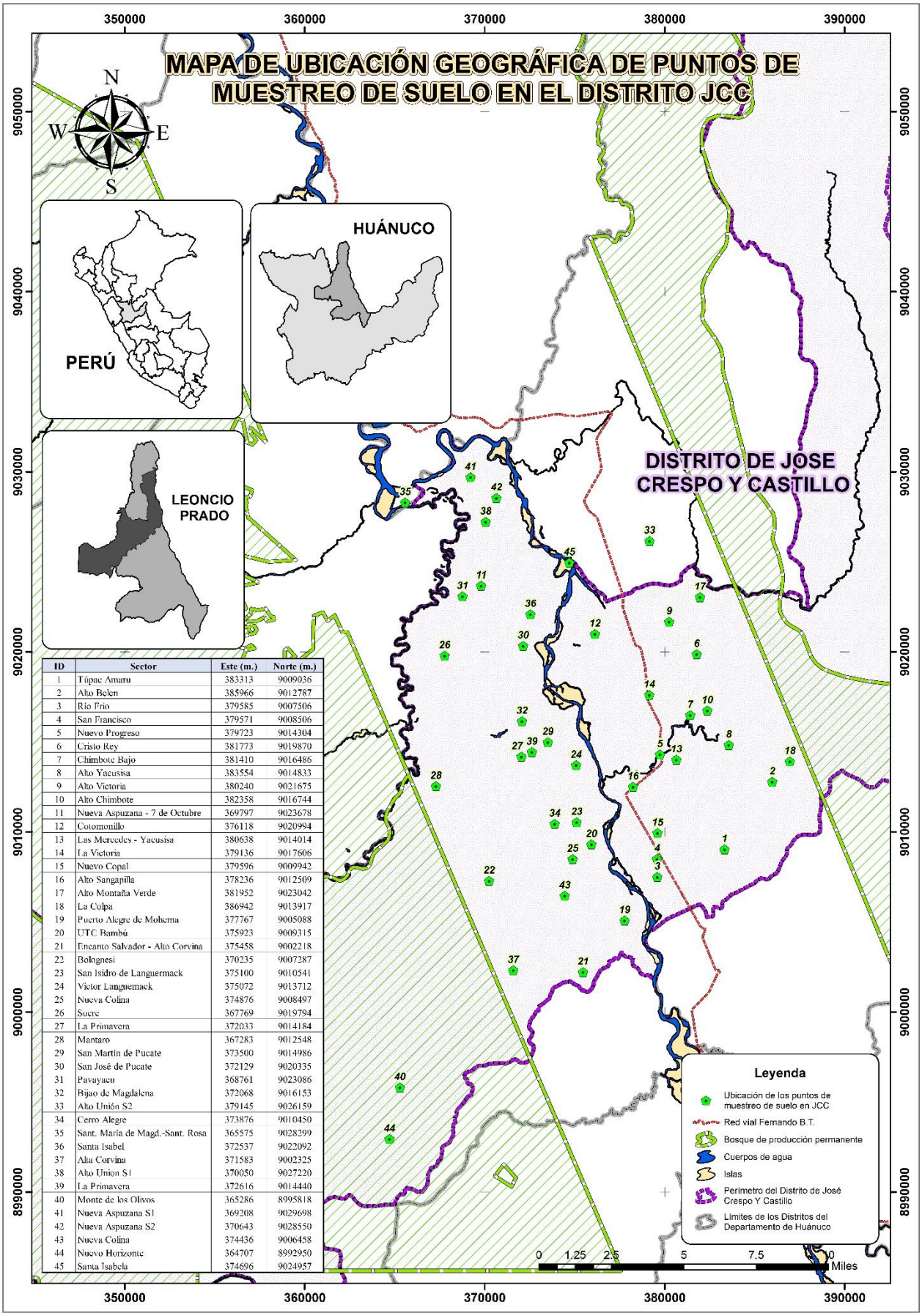
Foto 29. Calicata y paisaje del sector Pavayacu

Anexo 04. Mapas temáticos

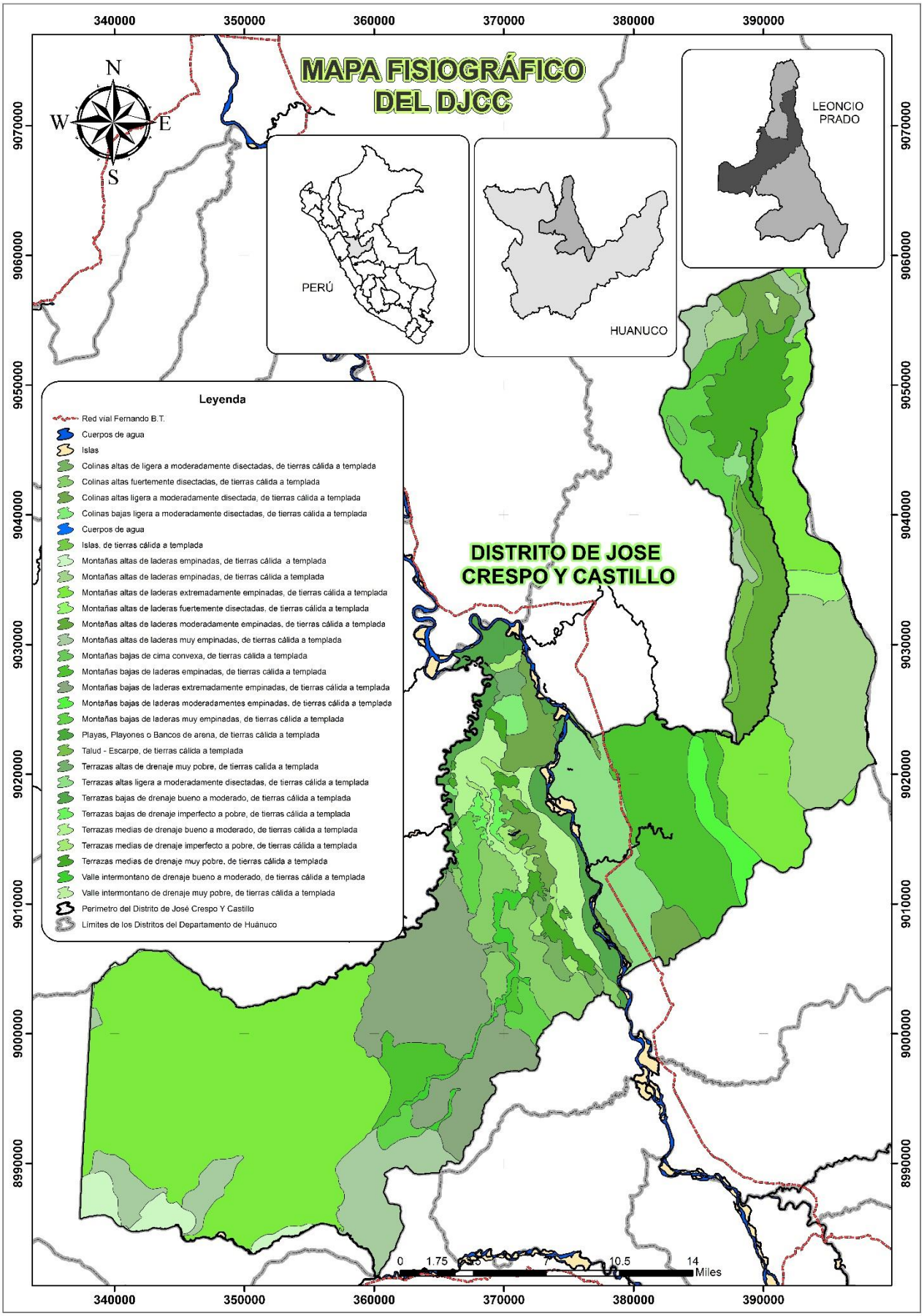

MAPA DE UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL DISTRITO DE JOSE CRESPO Y CASTILLO
N
W
E
S
PERÚ
HUÁNUCO
LEONCIO PRADO
DISTRITO DE NUEVO PROGRESO
DISTRITO DE SANTA ROSA DE ALTO YANAJANCA
DISTRITO DE PUCAYACU
DISTRITO DE LA MORADA
DISTRITO DE JOSE CRESPO Y CASTILLO
DISTRITO DE SANTO DOMINGO DE ANDA
DISTRITO DE PUEBLO NUEVO
DISTRITO DE RUPA RUPA
Leyenda
Red vial Fernando B.T.
Bosque de producción permanente
Cuerpos de agua
Islas
Perímetro del Distrito de José Crespo Y Castillo
Límites de los Distritos del Departamento de Huánuco
0 1.75 3.5 7 10.5 14 Miles
340000
350000
360000
370000
380000
390000
9070000
9060000
9050000
9040000
9030000
9020000
9010000
9000000
8990000

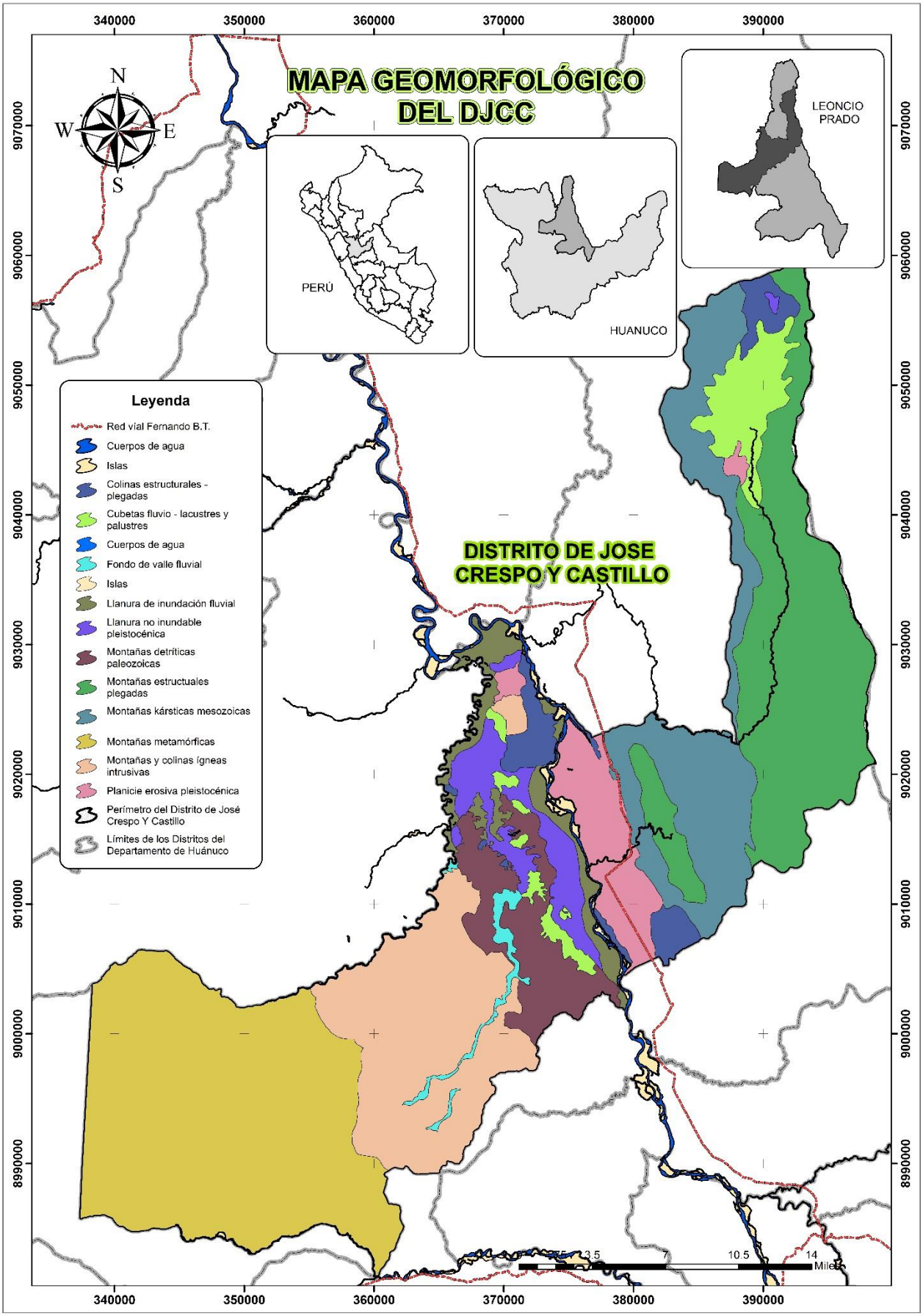


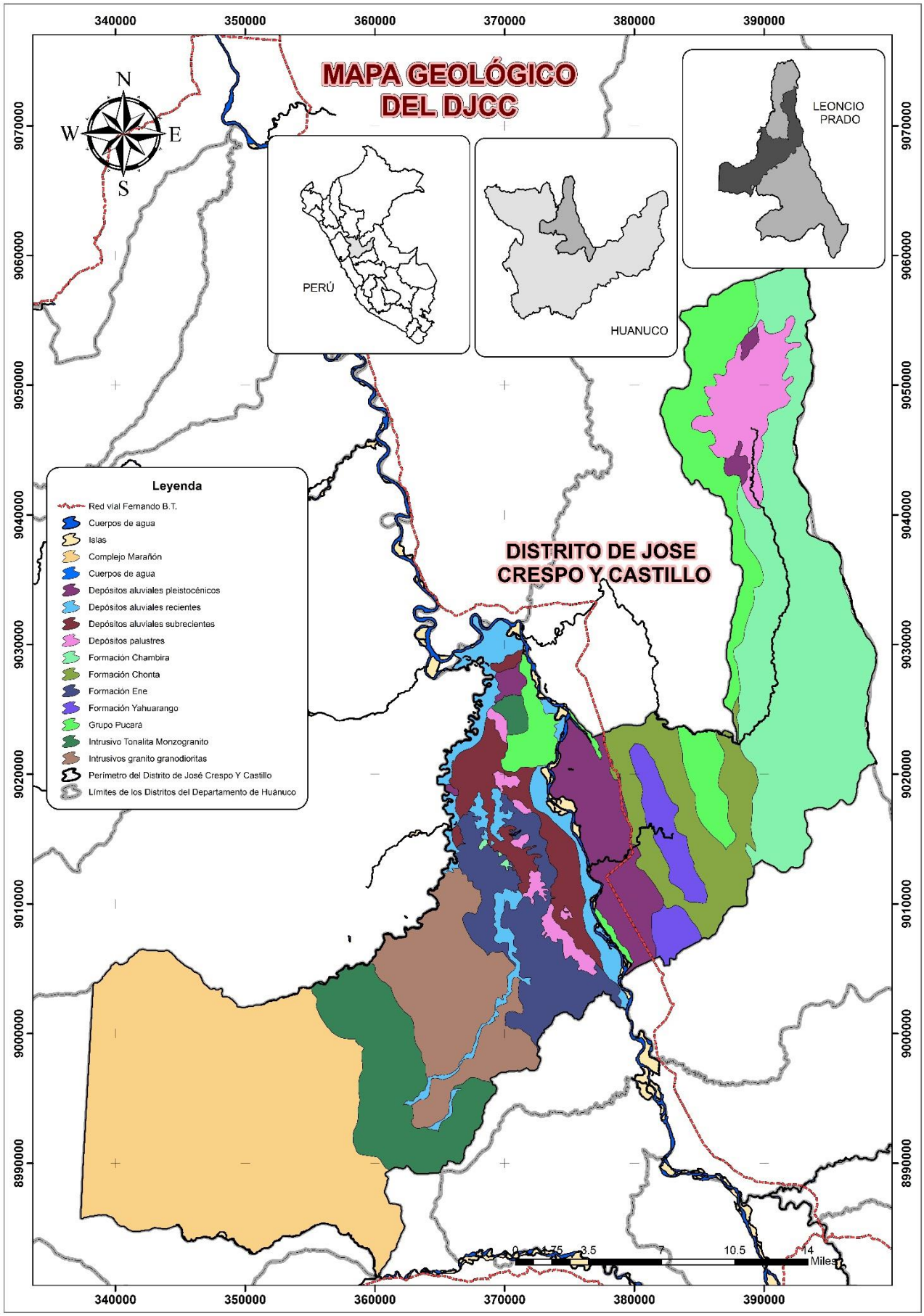
ID	Sector	Este (m.)	Norte (m.)	Altitud (msnm)
1	Alta Corvina	371583	9002325	663
2	Alto Union S1	370050	9027220	547
3	La Primavera	372616	9014440	600
4	Monte de los Olivos	365286	8995818	768
5	Nueva Aspuzana S1	369208	9029698	544
6	Nueva Aspuzana S2	370643	9028550	540
7	Nueva Colina	374436	9006458	584
8	Nuevo Horizonte	364707	8992950	647
9	Santa Isabela	374696	9024957	545
10	Las Mercedes	376077	9017554	555
11	San Isidro de Languermack	375187	9011032	566
12	Bolognesi	370122	9007423	597
13	Alto Chimbote	381130	9016520	638
14	La Colpa	387345	9013092	802
15	Mantaro	368360	9014435	571
16	Cotomonillo	376174	9020648	550
17	Alto Union S2	380519	9023981	776
18	Tupac Amaru	383332	9008957	675
19	La Victoria	379121	9018417	581
20	Pavayacu	369213	9022170	546

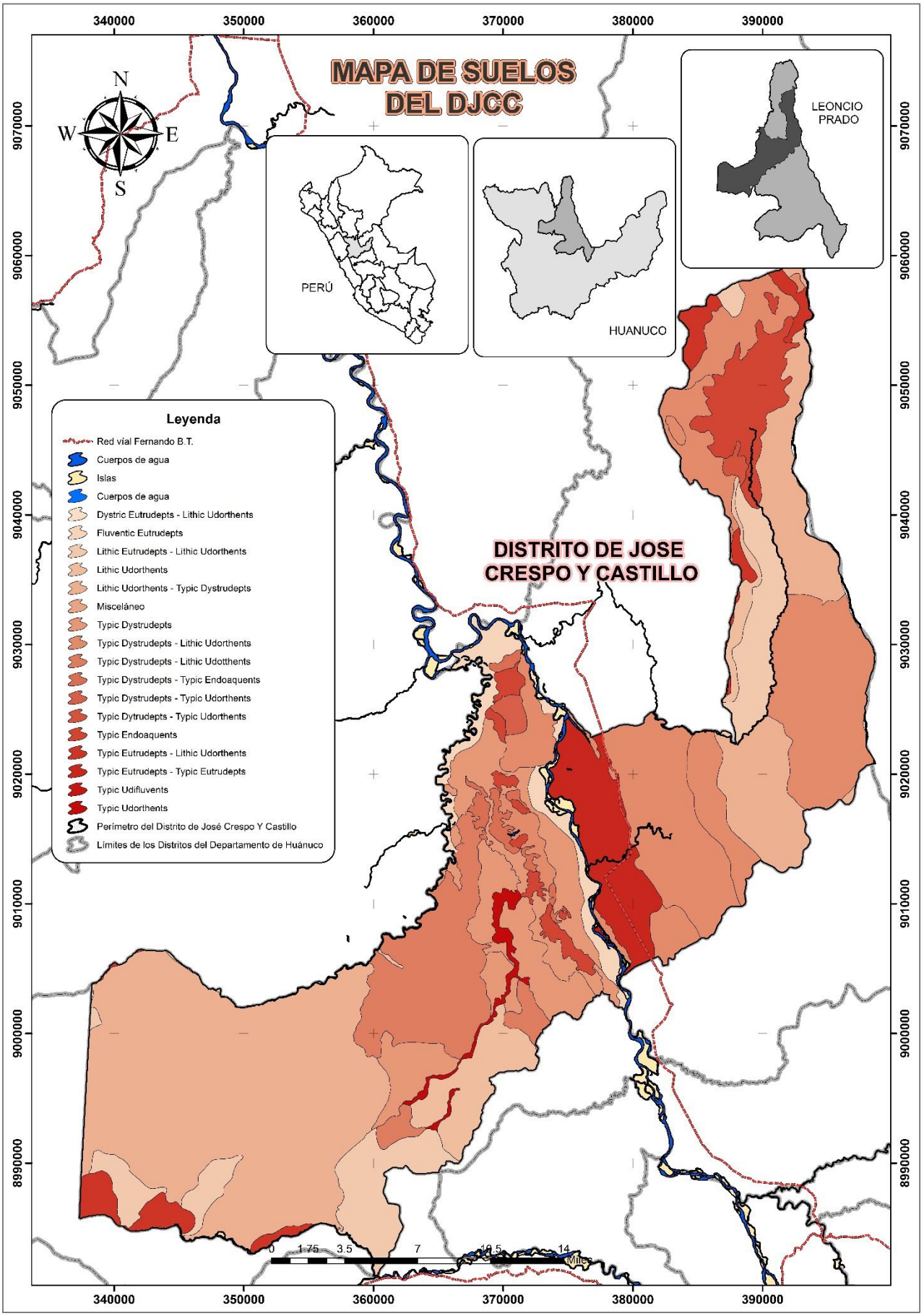


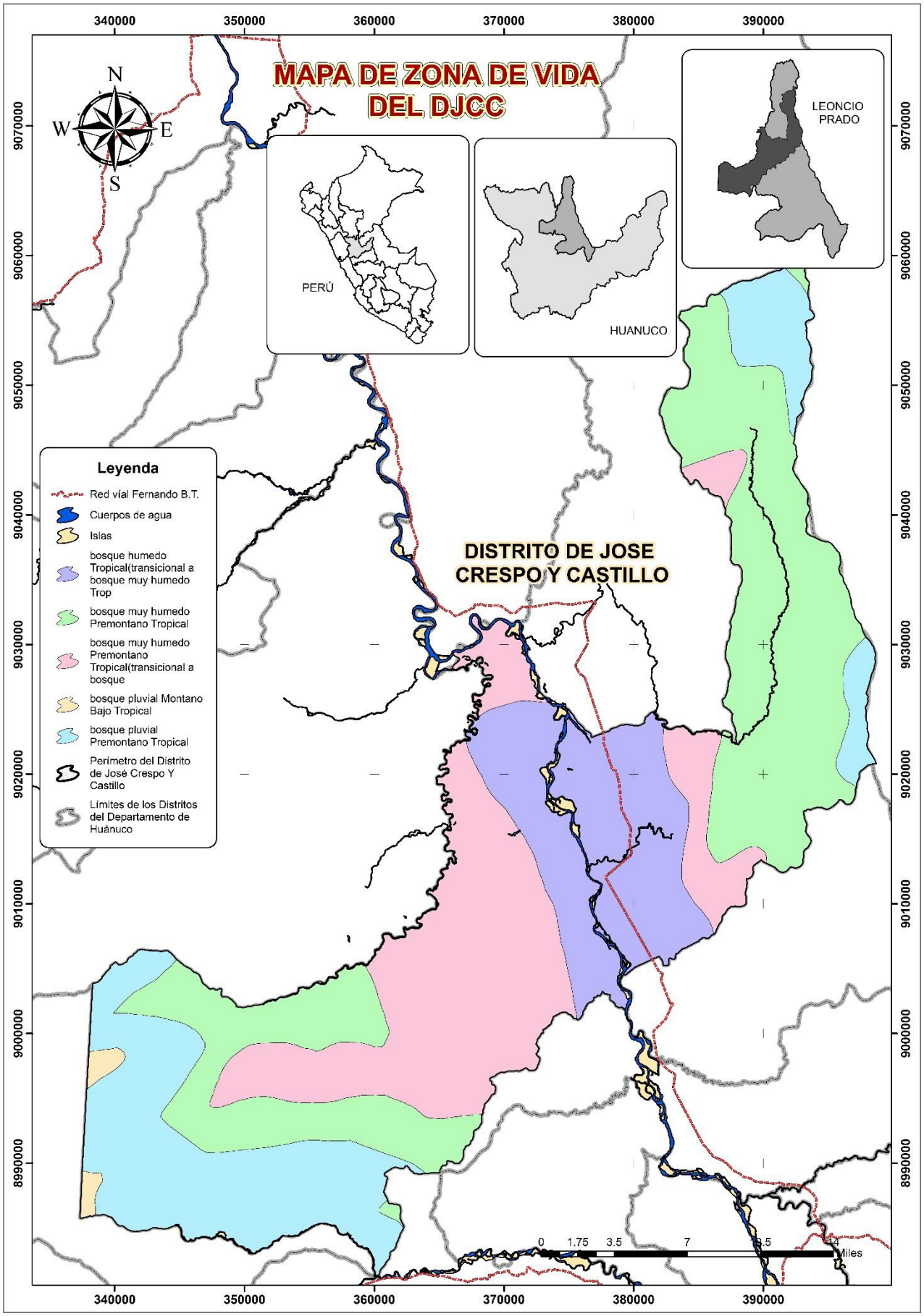
ID	Sector	Este (m.)	Norte (m.)
1	Túpac Amaru	383313	9009036
2	Alto Belen	385966	9012787
3	Río Frio	379585	9007506
4	San Francisco	379571	9008506
5	Nuevo Progreso	379723	9014304
6	Cristo Rey	381773	9019870
7	Chimbote Bajo	381410	9016486
8	Alto Yacusisa	383554	9014833
9	Alto Victoria	380240	9021675
10	Alto Chimbote	382358	9016744
11	Nueva Aspuzana - 7 de Octubre	369797	9023678
12	Cotomonillo	376118	9020994
13	Las Mercedes - Yacusisa	380638	9014014
14	La Victoria	379136	9017606
15	Nuevo Copal	379596	9009942
16	Alto Sangapilla	378236	9012509
17	Alto Montaña Verde	381952	9023042
18	La Colpa	386942	9013917
19	Puerto Alegre de Moherna	377767	9005088
20	UTC Bambú	375923	9009315
21	Encanto Salvador - Alto Corvina	375458	9002218
22	Bolognesi	370235	9007287
23	San Isidro de Languermack	375100	9010541
24	Victor Languemack	375072	9013712
25	Nueva Colina	374876	9008497
26	Sucre	367769	9019794
27	La Primavera	372033	9014184
28	Mantaro	367283	9012548
29	San Martín de Pucate	373500	9014986
30	San José de Pucate	372129	9020335
31	Pavayacu	368761	9023086
32	Bijao de Magdalena	372068	9016153
33	Alto Unión S2	379145	9026159
34	Cerro Alegre	373876	9010450
35	Sant. María de Magd.-Sant. Rosa	365575	9028299
36	Santa Isabel	372537	9022092
37	Alta Corvina	371583	9002325
38	Alto Union S1	370050	9027220
39	La Primavera	372616	9014440
40	Monte de los Olivos	365286	8995818
41	Nueva Aspuzana S1	369208	9029698
42	Nueva Aspuzana S2	370643	9028550
43	Nueva Colina	374436	9006458
44	Nuevo Horizonte	364707	8992950
45	Santa Isabela	374696	9024957


MAPA FISIOGRÁFICO
DEL DJCC
N
S
W
E
PERÚ
HUANUCO
LEONCIO
PRADO
DISTRITO DE JOSE
CRESPO Y CASTILLO
Leyenda
Red vial Fernando B.T.
Cuerpos de agua
Islas
Colinas altas de ligera a moderadamente disectadas, de tierras cálida a templada
Colinas altas fuertemente disectadas, de tierras cálida a templada
Colinas altas ligera a moderadamente disectada, de tierras cálida a templada
Colinas bajas ligera a moderadamente disectadas, de tierras cálida a templada
Cuerpos de agua
Islas, de tierras cálida a templada
Montañas altas de laderas empinadas, de tierras cálida a templada
Montañas altas de laderas empinadas, de tierras cálida a templada
Montañas altas de laderas extremadamente empinadas, de tierras cálida a templada
Montañas altas de laderas fuertemente disectadas, de tierras cálida a templada
Montañas altas de laderas moderadamente empinadas, de tierras cálida a templada
Montañas altas de laderas muy empinadas, de tierras cálida a templada
Montañas bajas de cima convexa, de tierras cálida a templada
Montañas bajas de laderas empinadas, de tierras cálida a templada
Montañas bajas de laderas extremadamente empinadas, de tierras cálida a templada
Montañas bajas de laderas moderadamentes empinadas, de tierras cálida a templada
Montañas bajas de laderas muy empinadas, de tierras cálida a templada
Playas, Playones o Bancos de arena, de tierras cálida a templada
Talud - Escarpe, de tierras cálida a templada
Terrazas altas de drenaje muy pobre, de tierras cálida a templada
Terrazas altas ligera a moderadamente disectadas, de tierras cálida a templada
Terrazas bajas de drenaje bueno a moderado, de tierras cálida a templada
Terrazas bajas de drenaje imperfecto a pobre, de tierras cálida a templada
Terrazas medias de drenaje bueno a moderado, de tierras cálida a templada
Terrazas medias de drenaje imperfecto a pobre, de tierras cálida a templada
Terrazas medias de drenaje muy pobre, de tierras cálida a templada
Valle intermontano de drenaje bueno a moderado, de tierras cálida a templada
Valle intermontano de drenaje muy pobre, de tierras cálida a templada
Perimetro del Distrito de José Crespo Y Castillo
Limites de los Distritos del Departamento de Huánuco
340000
350000
360000
370000
380000
390000
9070000
9060000
9050000
9040000
9030000
9020000
9010000
9000000
8990000
0
1.75
3.5
7
10.5
14
Miles


MAPA GEOMORFOLÓGICO
DEL DJCC
DISTRITO DE JOSE
CRESPO Y CASTILLO
N
S
W
E
PERÚ
HUANUCO
LEONCIO
PRADO
Leyenda
Red vial Fernando B.T.
Cuerpos de agua
Islas
Colinas estructurales - plegadas
Cubetas fluvio - lacustres y palustres
Cuerpos de agua
Fondo de valle fluvial
Islas
Llanura de inundación fluvial
Llanura no inundable pleistocénica
Montañas detríticas paleozoicas
Montañas estructuales plegadas
Montañas kársticas mesozoicas
Montañas metamórficas
Montañas y colinas ígneas intrusivas
Planicie erosiva pleistocénica
Perímetro del Distrito de José Crespo Y Castillo
Límites de los Distritos del Departamento de Huánuco
340000
350000
360000
370000
380000
390000
9070000
9060000
9050000
9040000
9030000
9020000
9010000
9000000
8990000
10.5
14
Miles


MAPA GEOLÓGICO
DEL DJCC
N
W
E
S
PERÚ
HUANUCO
LEONCIO
PRADO
DISTRITO DE JOSE
CRESPO Y CASTILLO
Leyenda
Red vial Fernando B.T.
Cuerpos de agua
Islas
Complejo Marañón
Cuerpos de agua
Depósitos aluviales pleistocénicos
Depósitos aluviales recientes
Depósitos aluviales subrecientes
Depósitos palustres
Formación Chambira
Formación Chonta
Formación Ene
Formación Yahuarango
Grupo Pucará
Intrusivo Tonalita Monzogranito
Intrusivos granito granodioritas
Perímetro del Distrito de José Crespo Y Castillo
Límites de los Distritos del Departamento de Huánuco
340000
350000
360000
370000
380000
390000
9070000
9060000
9050000
9040000
9030000
9020000
9010000
9000000
8990000
0
1.75
3.5
7
10.5
14
Miles


MAPA DE SUELOS DEL DJCC
N
S
W
E
PERÚ
HUANUCO
LEONCIO PRADO
DISTRITO DE JOSE CRESPO Y CASTILLO
Leyenda
Red vial Fernando B.T.
Cuerpos de agua
Islas
Cuerpos de agua
Dystric Eutrudepts - Lithic Udorthents
Fluventic Eutrudepts
Lithic Eutrudepts - Lithic Udorthents
Lithic Udorthents
Lithic Udorthents - Typic Dystrudepts
Misceláneo
Typic Dystrudepts
Typic Dystrudepts - Lithic Udorthents
Typic Dystrudepts - Lithic Udotthents
Typic Dystrudepts - Typic Endoaquents
Typic Dystrudepts - Typic Udorthents
Typic Dytrudepts - Typic Udorthents
Typic Endoaquents
Typic Eutrudepts - Lithic Udorthents
Typic Eutrudepts - Typic Eutrudepts
Typic Udifluvents
Typic Udorthents
Perímetro del Distrito de José Crespo Y Castillo
Límites de los Distritos del Departamento de Huánuco
0 1.75 3.5 7 10.5 14
Miles
340000
350000
360000
370000
380000
390000
9070000
9060000
9050000
9040000
9030000
9020000
9010000
9000000
8990000


MAPA DE ZONA DE VIDA
DEL DJCC
N
W
E
S
PERÚ
HUANUCO
LEONCIO
PRADO
DISTRITO DE JOSE
CRESPO Y CASTILLO
Leyenda
Red vial Fernando B.T.
Cuerpos de agua
Islas
bosque humedo Tropical(transicional a bosque muy humedo Trop
bosque muy humedo Premontano Tropical
bosque muy humedo Premontano Tropical(transicional a bosque
bosque pluvial Montano Bajo Tropical
bosque pluvial Premontano Tropical
Perimetro del Distrito de José Crespo Y Castillo
Límites de los Distritos del Departamento de Huánuco
340000
350000
360000
370000
380000
390000
9070000
9060000
9050000
9040000
9030000
9020000
9010000
9000000
8990000
0
1.75
3.5
7
10.5
Miles