

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



**“RELACIÓN DE LA MACROFAUNA CON LAS PROPIEDADES DEL  
SUELO EN DIFERENTES SISTEMAS DE USO, DISTRITO MONZÓN,  
PROVINCIA HUAMALÍES.”**

**Tesis**

**Para optar el título de:**

**INGENIERO EN CONSERVACIÓN DE SUELOS Y AGUA**

**DANITZA YURBY MARTINEZ URETA**

**Tingo María – Perú**

**2019**



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**  
Tingo María – Perú



**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

## **ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS**

Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 16 de Enero del 2019, a horas 7:30 p.m. en la Sala de Sesiones del Departamento Académico de Ciencias en Conservación de Suelos y Agua de la Facultad de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, para calificar la Tesis titulada:


### **“RELACIÓN DE LA MACROFAUNA CON LAS PROPIEDADES DEL SUELO EN DIFERENTES SISTEMAS DE USO, DISTRITO MONZON, PROVINCIA HUAMALIES”**

Presentado por la Bachiller: **MARTINEZ URETA, Danitza Yurby**, después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara aprobado con el calificativo de **“MUY BUENO”**

En consecuencia, la sustentante queda apta para optar el Título de **INGENIERO EN CONSERVACIÓN DE SUELOS Y AGUA**, que será aprobado por el Consejo de Facultad, tramitándolo al Consejo Universitario para el otorgamiento del Título correspondiente.


Tingo María, 31 de Enero del 2019.

  
Dr. LUCIO MANRIQUE DE LARA SUÁREZ  
PRESIDENTE

  
Ing. JAIME TORRES GARCÍA  
VOCAL

  
Ing. MSc. SANDRO J. RUIZ CASTRE  
VOCAL



  
Dr. HUGO A. HUAMANI YUPANQUI  
ASESOR

## DEDICATORIA

A Dios, todopoderoso por darme vida, salud, bendición, fortaleza, por protegerme y guiarme día a día, por permitirme haber llegado hasta este momento tan importante en mi formación profesional.

A mis queridos padres Yuel Martinez y Carme Ureta por todo su amor, por su confianza y el apoyo incondicional durante todo este tiempo, los amo.

A mis hermanos Keydi, Yessenia y Jherson por su confianza y el afecto infinito que nos une y fortalece a diario

A todos los que apuestan y trabajan por un mundo mejor.

## **AGRADECIMIENTOS**

Mi más sincero agradecimiento a todas las personas que manera desinteresada formaron parte de la elaboración del presente trabajo de tesis y en especial a:

Al Dr. Hugo Huamani Yupanqui mi asesor, que en todo momento me brindó su apoyo, durante la ejecución y en la elaboración del informe. Muchas gracias por su apoyo y su confianza.

A los miembros del jurado de tesis: Dr. Lucio Manrique de Lara Suarez, Ing. Sandro Ruiz Castre, Ing. Jaime Torres Garcia por sus oportunas sugerencias.

A los ingenieros de los proyectos de DEVIDA que me brindaron su apoyo durante la ejecución de la presente tesis

# ÍNDICE

	Página
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA .....	3
2.1 Suelo .....	3
2.2 Calidad de suelo .....	4
2.3 Propiedades del suelo.....	5
2.3.1 Indicadores físicos .....	5
2.3.1.1 Textura.....	6
2.3.1.2 Densidad aparente .....	7
2.3.1.3 Temperatura .....	8
2.3.1.4 Porosidad .....	8
2.3.2 Indicadores químicos.....	8
2.3.2.1 pH.....	9
2.3.2.2 Materia orgánica .....	10
2.3.2.3 Nitrógeno.....	11
2.3.2.4 Fósforo.....	12
2.3.2.5 Potasio.....	13

2.3.2.6	CIC .....	13
2.3.2.7	Calcio .....	15
2.3.3	Indicadores biológicos .....	16
2.4	Diversidad de macro fauna en el suelo .....	17
2.4.1	Macrofauna y sus efectos sobre el suelo .....	18
2.4.2	Macrofauna y sostenibilidad agrícola y ambiental .....	20
2.4.3	Biomasa de la macrofauna según sistemas de uso .....	22
2.4.4	Diversidad de la macrofauna según sistemas de uso .....	22
2.4.5	Distribución vertical de macro invertebrados en el suelo .....	23
2.5	Sistemas de uso de suelos .....	24
2.5.1	Influencia de los sistemas de uso en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo .....	24
2.5.2	Características de los sistemas de uso de suelos en estudio .....	24
2.5.2.1	Bosque secundario .....	24
2.5.2.2	Café .....	25
2.5.2.3	Cacao .....	26
III.	MATERIALES Y MÉTODOS .....	28
3.1	Características generales de la zona de estudio .....	28
3.1.1	Ubicación política .....	28

3.1.2	Ubicación geográfica .....	28
3.1.3	Vías de acceso .....	29
3.1.4	Clima .....	29
3.1.5	Fisiografía .....	29
3.1.6	Ecología .....	30
3.1.7	Hidrología .....	30
3.1.8	Factores culturales.....	30
3.1.9	Actividades económicas.....	30
3.2	Materiales y equipos de campo.....	31
3.3	Materiales y equipos de laboratorio .....	31
3.4	Materiales y equipos de gabinete.....	31
3.5	Tipo y nivel de investigación. ....	32
3.5.1	Tipo de investigación .....	32
3.5.2	Nivel de investigación .....	32
3.5.3	Componentes en estudio .....	32
3.5.4	Variables de estudio .....	32
3.5.4.1	Variable independiente .....	33
3.5.4.2	Variables dependientes .....	33
3.6	Metodología .....	34

3.6.1	Etapa de pre campo.....	34
3.6.2	Etapa de campo .....	34
3.6.2.1	Muestreo físico y químico del suelo.....	35
3.6.2.2	Muestreo biológico del suelo .....	36
3.6.3	Etapa de laboratorio.....	37
3.6.4	Análisis de los datos para diversidad.....	38
3.6.4.1	Índice de Shannon – Wiener (H') (ÑIQUE, 2010).....	38
3.6.4.2	Densidad de macrofauna .....	39
3.6.5	Etapa de gabinete .....	39
IV.	RESULTADOS .....	40
4.1	Descripción de las propiedades físico y químicos del suelo.....	40
4.1.1	Textura de los suelos evaluados .....	40
4.1.1.1	Textura de los suelos de bosque secundario.....	41
4.1.1.2	Textura de los suelos de café.....	41
4.1.1.3	Textura de los suelos de cacao.....	42
4.1.2	Textura de los suelos evaluados por localidad. ....	42
4.1.3	Porosidad de los suelos evaluados.....	43
4.1.4	Densidad de los suelos evaluados.....	45
4.1.5	Temperatura de los suelos evaluados.....	47



4.1.6	Pendiente de los suelos evaluados.....	49
4.1.7	pH de los suelos evaluados.....	50
4.1.8	Materia orgánica de los suelos evaluados.....	52
4.1.9	Nitrógeno de los suelos evaluados .....	53
4.1.10	Fósforo de los suelos evaluados .....	54
4.1.11	Potasio de los suelos evaluados .....	56
4.1.12	CIC y CICe de los suelos evaluados .....	57
4.2	Descripción de la diversidad de especies de macrofauna.....	59
4.2.1	Diversidad de macrofauna.....	60
4.3	Correlación entre la macrofauna y las propiedades físicas y químicas del suelo.....	62
V.	DISCUSIÓN.....	65
VI.	CONCLUSIÓN.....	69
VII.	RECOMENDACIONES.....	71
VIII.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....	72
	ANEXOS.....	80

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Niveles de pH en el suelo.....	10
2. Porcentajes de materia orgánica en el suelo .....	11
3. Porcentajes de nitrógeno en el suelo .....	12
4. Niveles de fósforo en el suelo .....	13
5. Niveles de potasio en el suelo.....	13
6. Clasificación de la fertilidad de suelos de acuerdo a la CIC.....	14
7. Clasificación de la fertilidad de suelos de acuerdo a la CICE.....	15
8. Clasificación de la fertilidad de suelos de acuerdo al calcio.....	16
9. Actividades de la fauna del suelo en los procesos de descomposición y la estructura del suelo. ....	20
10. Ubicación geográfica de las localidades evaluadas. ....	28
11. Sistemas de uso del suelo seleccionados.....	35
12. Propiedades físicas y químicas de los suelos. ....	37
13. Métodos para la determinación de indicadores biológicos del suelo.....	38
14. Clase textural de suelo.....	40
15. Clase textural de suelo de bosque secundario.....	41
16. Clase textural de suelo de café.....	41
17. Clase textural de suelo de café.....	42
18. Clase textural de los suelos por localidad. ....	42

19. Porosidad de los suelos evaluados.....	44
20. Porosidad de los suelos evaluados por localidad.....	44
21. Densidad aparente de los suelos evaluados.....	46
22. Densidad aparente de los suelos evaluados por localidad. ....	46
23. Temperatura de los suelos evaluados. ....	47
24. Temperatura de los suelos evaluados por localidad. ....	48
25. Pendientes evaluadas.....	49
26. Pendiente de cada localidad evaluada.....	50
27. pH del suelo evaluados.....	51
28. pH del suelo evaluados por localidad.....	51
29. Materia orgánica de los suelos evaluados. ....	52
30. Materia orgánica de los suelos evaluados por localidad.....	53
31. Nitrógeno de los suelos evaluados. ....	53
32. Nitrógeno de los suelos evaluados por localidad. ....	54
33. Fósforo de los suelos evaluados.....	55
34. Fósforo de los suelos evaluados por sector.....	55
35. Potasio en los suelos evaluados.....	56
36. Potasio de los suelos evaluados por localidad.....	57
37. CIC y CICE de los suelos evaluados por localidad.....	58
38. CICE de los suelos evaluados.....	58
39. Calcio de los suelos evaluados.....	59
40. Calcio de los suelos evaluados por localidad.....	60
41. Diversidad de especies de macrofauna. ....	61

42. Cantidad de macrofauna por uso de suelo. ....	61
43. Modelo R.....	62
44. ANVA correlación macrofauna y propiedades del suelo. ....	63
45. Correlación de las propiedades y la macrofauna. ....	64

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Metodología de muestreo por el Tropical Soil Biology and Fertility (TSBF) .....	36
2. Porosidad de los suelos evaluados.....	45
3. Temperaturas de los suelos evaluados.....	48
4. Especies de macrofauna.....	62
5. Mapa de textura de los suelos evaluados.....	81
6. Densidad aparente de los suelos evaluados.....	82
7. pH de los suelos evaluados.....	83
8. Materia orgánica de los suelos evaluados.....	84
9. Nitrógeno de los suelos evaluado.....	85
10. Fósforo en los suelos evaluados.....	86
11. Potasio de los suelos evaluados.....	87
12. CIC y CICe de los suelos evaluados.....	88
13. Mapa de cantidad de macrofauna en los suelos.....	89
14. Tomando las coordenadas de la zona de muestreo.....	90
15. Muestreando macrofauna.....	90
16. Identificación de macrofauna en un bosque.....	91
17. Identificación de macrofauna de un sistema de uso de suelos de cacao.....	91
18. Tomando la pendiente del bosque secundario en Cruz Pampa.....	92
19. Parcela de café en Cruz Pampa.....	92

20. Parcela de cacao en Cruz Pampa.....	93
21. Parcela de café en Cuyaco. ....	93
22. Parcela de cacao en Cuyaco. ....	94
23. Bosque secundario en Nueva Selva. ....	94
24. Parcela de café en Nueva Selva. ....	95
25. Parcela de cacao en Nueva Selva. ....	95
26. Bosque secundario en Santa Rosa de Chacrita.....	96
27. Parcela de café en Santa Rosa de Chacrita. ....	96
28. Parcela de cacao en Santa Rosa de Chacrita.....	97
29. Bosque secundario en Palo de Acero. ....	97
30. Parcela de café en Palo de Acero.....	98
31. Parcela de cacao en Palo de Acero.....	98
32. Bosque secundario en Nuevo Rondos.....	99
33. Parcela de café en Nuevo Rondos.....	99
34. Parcela de cacao en Nuevo Rondos.....	100
35. Secando los suelos para su análisis físico químico. ....	100
36. Determinando pH del suelo.....	101
37. Análisis textural del suelo método Bouyoucos. ....	101
38. Análisis de fósforo disponible de las muestras seleccionadas. ....	102
39. Análisis de aluminio - hidrogeno. ....	102
40. Análisis de materia orgánica del suelo.....	103
41. Identificación de ordenes de la macrofauna.....	103
42. Mapa de ubicación. ....	104

## RESUMEN

La presente investigación se realizó con la finalidad de determinar la influencia entre la macrofauna y las propiedades del suelo en los sistemas de uso de tierras: bosques secundarios, café y cacao, en las localidades de Cruz Pampa, Cuyaco, Nueva Selva, Santa Rosa de Chacrita, Palo de Acero y Nuevo Rondos del distrito de Monzón, provincia de Huamalíes, departamento de Huánuco.

Se realizaron análisis físico químicos del suelo, encontrando suelos de desde texturas franco a texturas arcillosas, con porosidad que varían desde 43.40% a 75.85%, con densidad aparente desde 0.64 g/cm<sup>3</sup> a 1.50g/cm<sup>3</sup>, temperaturas desde 21.80°C a 36.0°C y pendiente desde 5% a 51%.

Estos suelos presentan pH con valores de 3.77 a 6.94, de bajos a altos contenidos de materia orgánica (1.96% a 8.37%), nitrógeno desde 0.09% a 0.38%, fósforo de 0.47ppm a 9.82ppm, potasio 65.97ppm desde a 207ppm, CICE desde 7.74 cmol (+)/kg a 22.1 cmol (+)/kg, CIC desde 13.96 cmol (+)/kg a 16.67 cmol (+)/kg., calcio 4.92(Cmol(+)/kg) a 13.38(Cmol(+)/kg).

Los resultados biológicos presentan diversidad de macrofauna: en el sistema de uso de suelos de bosque secundario fue  $H' = 1.72 \text{ nats/ind}$ , para café  $H' = 1.71 \text{ nats/ind}$  y para cacao  $H' = 1.69 \text{ nats/ind}$ , y el modelo matemático que explica la correlación entre las propiedades del suelo y la macrofauna es:  $N_{ind} = 9.485 - 0.001 Y + 0.060 K_{dis} + 0.176 CIC + 0.162 Ca + 2.353 K_{int}$ .

## I. INTRODUCCIÓN

La FAO 2015, indica que el suelo es uno de los ecosistemas más complejos de la naturaleza y uno de los hábitats más diversos de la tierra: alberga una infinidad de organismos diferentes que interactúan entre sí y contribuyen a los ciclos globales que hacen posible la vida.

Tanto en los ecosistemas naturales como en los agrícolas, los organismos del suelo desempeñan funciones vitales que interactúan directamente con los sistemas biológicos, atmosféricos e hidrológicos. (FAO 2015)

El presente trabajo plantea el siguiente problema. ¿Los diferentes sistemas de uso de suelos influyen en la macrofauna? Por lo que se plantea la siguiente hipótesis. “Las propiedades de los diferentes sistemas de uso de tierras influyen significativamente en la macro fauna del suelo”. Es por ello que el estudio de las propiedades de los diferentes sistemas de uso de tierras, es importante para proporcionar información que nos permita correlacionar ambas variables.



## **1.1. Objetivos:**

### **Objetivo General**

Determinar la influencia entre la macrofauna y las propiedades del suelo en diferentes sistemas de uso de suelos en diferentes localidades del distrito de Monzón.

### **Objetivos Específicos**

- Evaluar las principales propiedades físicas y químicas del suelo en tres (03) sistemas de uso de suelos, en seis (06) localidades del distrito de Monzón.
- Evaluar la macro fauna de los tres (03) sistemas de uso de suelos, en seis (06) localidades del distrito de Monzón.
- Correlacionar las propiedades del suelo de los tres (03) sistemas de uso de suelos y la macrofauna en seis (06) localidades del distrito de Monzón.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Suelo

Se define al suelo como un cuerpo natural, producto de la acción del clima y los organismos vivientes sobre materiales litológicos, ubicados en una determinada posición topográfica a través del tiempo (JENNY, 1941). Desde el punto de vista agrícola, el suelo es un factor de producción, que desempeña el rol no solo de soporte o sostén de las plantas, sino también de proporcionar una dispensa a almacén de las sustancias necesarias para el crecimiento de los vegetales (ESTRADA, 1990)

Es una colección de cuerpos naturales; está compuesto por el material orgánico y mineral que cubre la mayoría de la superficie terrestre; contiene materia viva y sirve de soporte para la vegetación en campo abierto y en lugares transformados por la actividad humana. Es un sistema abierto, trifásico y tridimensional. (RAMIREZ, 1997)

El suelo se origina a partir de la roca madre, también llamada material generador del suelo. Los factores involucrados en la generación del suelo son el tiempo, que abarca varios miles de años, el que asociado con elementos de tipo climático (las lluvias, las heladas y los vientos) causan un efecto de meteorización que consiste en el rompimiento progresivo de la roca madre. Del suelo se requiere que tenga buenas propiedades químicas (contenido de nutrientes), físicas y biológicas (CASAS, 1983)

## **2.2 Calidad de suelo**

La calidad y salud del recurso suelo es un componente fundamental en la biósfera para la producción de alimentos y energía, como así también el mantenimiento de la calidad ambiental (DORAN y ZEISS, 2000).

La calidad de suelos de diversas áreas del planeta ha declinado significativamente, donde los sistemas en equilibrio fueron reemplazados paulatinamente por la actividad agrícola (SALINAS–GARCÍA et al., 1997), indicando que este proceso de agriculturización creciente y desmedido, sumado al manejo inadecuado de las tierras ha conducido al deterioro de la estructura del suelo y a la consecuente reducción de la materia orgánica, con una disminución de la fertilidad física, química y biológica del suelo. Por otro lado, BUSCHIAZZO et al. (1998), menciona que la agricultura continua y el uso de sistemas de labranza agresivo deteriora las propiedades del suelo e incremento de superficies afectadas por procesos erosivos y de degradación.

La calidad del suelo, ha sido percibida de muchas formas desde que este concepto se popularizó en la década anterior. Este concepto ha sido relacionado con la capacidad del suelo para funcionar. Incluye atributos como fertilidad, productividad potencial, sostenibilidad y calidad ambiental. Simultáneamente, calidad del suelo es un instrumento que sirve para comprender la utilidad y salud de este recurso. A pesar de su importancia, la ciencia del suelo no ha avanzado lo suficiente para definir claramente lo que se entiende por calidad (PARR *et al.*, 1992).

## **2.3 Propiedades del suelo**

### **2.3.1 Indicadores físicos**

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

ACEVEDO *et al.*, (2005) por otra parte sugirió la textura del suelo que se relaciona con la porosidad, infiltración y disponibilidad de agua; la densidad real, relacionada con la tasa de infiltración y conductividad hidráulica; y la estabilidad de

agregados, que se relaciona con la resistencia a la erosión y contenido de materia orgánica.

Las propiedades físicas más útiles como indicadores de la calidad del suelo observadas por la Universidad de Chile, son las relacionadas con el arreglo de las partículas y los poros y estabilidad de los agregados, que reflejan la manera en que el suelo acepta, retiene y transmite agua a las plantas, así como las limitaciones que presenta a la emergencia de las plántulas y al crecimiento de las raíces (BAUTISTA, 2004).

#### **2.3.1.1 Textura**

La textura de un suelo es la proporción de los tamaños de los grupos de partículas que lo constituyen y está relacionada con el tamaño de las partículas de los minerales que lo forman y se refiere a la proporción relativa de los tamaños de varios grupos de partículas de un suelo.

Esta propiedad ayuda a determinar la facilidad de abastecimiento de los nutrientes, agua y aire que son fundamentales para la vida de la planta. Los nombres de las clases de textura se utilizan para identificar grupos de suelos con mezclas parecidas de partículas minerales. (USDA 1999)

Los suelos arenosos son inertes desde el punto de vista químico, carecen de propiedades coloidales y de reservas de nutrientes. En cuanto a las

propiedades físicas presentan mala estructuración, buena aireación, muy alta permeabilidad y nula retención de agua. Por el contrario, los suelos arcillosos son muy activos desde el punto de vista químico, adsorben iones y moléculas, flocculan (la fracción arcilla permanece inmóvil) y dispersan (migran), muy ricos en nutrientes, retienen mucha agua, bien estructurados, pero son impermeables y asfixiantes. (USDA 1999)

Los suelos limosos tienen nula estructuración, sin propiedades coloidales, son impermeables y con mala aireación. Los suelos francos son los equilibrados con propiedades compensadas.

#### **2.3.1.2 Densidad aparente**

USDA (1999), La densidad real es definida como la relación entre la masa del suelo secado en horno y el volumen global, que incluye el volumen de las partículas y el espacio poroso entre las partículas. Es dependiente de las densidades de las partículas del suelo (arena, limo, arcilla y materia orgánica) y de su tipo de empaquetamiento. Las densidades de las partículas minerales usualmente se encuentran en el rango de entre 2.5 a 2.8 g/cm<sup>3</sup>, mientras que las partículas orgánicas presentan usualmente menos que 1.0 g/cm<sup>3</sup>.

### **2.3.1.3 Temperatura**

USDA (1999) indica que la temperatura del suelo dependerá de la cantidad de radiación neta que llegue a la superficie terrestre resultado de considerar el balance energético de onda corta y de onda larga. La cantidad de radiación neta que llega a la superficie del suelo depende de factores extremos al mismo, entre ellos la radiación global disponible, el albedo, y del balance resultante de radiación infrarroja que dependerá de la temperatura y de las emisividades de la atmósfera y la tierra.

### **2.3.1.4 Porosidad**

AGUILERA (1989) Indica que la porosidad son los espacios o poros que hay entre partículas sólidas (orgánicas e inorgánicas) del suelo, contienen diversas cantidades de dos componentes inorgánicos clave: el agua y el aire. El agua es el principal componente líquido de los suelos y contiene sustancias minerales, oxígeno (O<sub>2</sub>) y bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) en disolución, mientras que la fase gaseosa en los suelos está constituida por aire. Dependiendo del contenido de humedad del suelo, los poros se encuentran ocupados por agua o por aire.

## **2.3.2 Indicadores químicos**

ACEVEDO *et al.*, (2005) menciona que los indicadores químicos de calidad del suelo incluyen propiedades que afectan las relaciones suelo planta, la

calidad del agua, la capacidad amortiguadora del suelo y la disponibilidad de agua y nutrientes para las plantas y microorganismos.

CHEN (2000) propuso como indicadores el contenido de materia orgánica (M.O), carbono y nitrógeno orgánico, pH, conductividad eléctrica (CE), y el nitrógeno(N), fósforo (P) y el potasio (K) disponible. Los indicadores que reflejan estándares de fertilidad (pH, materia orgánica, nitrógeno, fósforo y potasio) son factores importantes en términos de producción de cultivos.

GARCIA (2003), menciona que los elementos orgánicos contenidos en el suelo, están constituidos de una manera natural por restos vegetales y animales.

SILVA (2000), indica que el clima es el factor simple más importante, el cual determina el ordenamiento de las plantas en una localidad dada, la cantidad de material vegetal producido y la intensidad de la actividad microbiana en el suelo. Por lo tanto, este factor juega un rol destacado en determinar los niveles de materia orgánica.

### **2.3.2.1 pH**

El pH del suelo es una medida de la acidez o alcalinidad de un suelo, y afecta la disponibilidad de los nutrientes, la actividad de microorganismos, y la solubilidad de minerales del suelo. Factores importantes que afectan el pH edáfico son temperatura y precipitaciones, que controlan la intensidad del lixiviado



y la meteorización de los minerales del suelo. Sin embargo, prácticas agrícolas, tales como el encalado o el agregado de fertilizantes de amonio, puedan alterar el pH. La medición de pH significa en realidad medir la actividad del ion  $[H^+]$  en la solución del suelo. Comúnmente, valores de pH entre 6.0 y 7.5 son óptimos para el crecimiento de la mayoría de los cultivos.

Cuadro 1. Niveles de pH en el suelo

Valor	Reacción del suelo
< 4.5	Muy fuertemente ácido
4.5 – 5.2	Fuertemente ácido
5.3 – 5.9	Moderadamente ácido
6.0 – 6.5	Débilmente ácido
6.6 – 7.0	Neutro
7.1 – 7.5	Débilmente alcalino
7.6 – 8.0	Moderadamente alcalino
> 8.0	Fuertemente alcalino

Fuente: USDA (1999)

### 2.3.2.2 Materia orgánica

Según DUICELA Y CORRAL (2004), la materia orgánica del suelo es el conjunto de residuos vegetales y animales descompuestos y transformados por acción de los microorganismos, cuya procedencia son los restos de cultivos, de arvenses, del aporte de la biomasa de plantas sombras, y de la aportación del estiércol y abonos orgánicos; y también de seres vivos como hongos, insectos, algas, bacterias y otros organismos que habitan en el suelo. Por ello la materia orgánica es uno de los componentes más importantes del suelo ya que tiene efectos

directos sobre la estructura, capacidad de retención de agua, aireación, contenido y disponibilidad de nutrientes, potencial de hidrógeno y capacidad de intercambio catiónico. Además, incrementa la habilidad del suelo para retener nutrientes y reducir la compactación.

Cuadro 2. Porcentajes de materia orgánica en el suelo

Rango (%)	Interpretación
< 2	Bajo
2 – 4	Medio
> 4	Alto

Fuente: USDA (1999)

### 2.3.2.3 Nitrógeno

CHEN (2000) sostiene que los valores de nitrógeno total se expresan en % de suelo seco. Por ejemplo 0.09 % significa que por cada 100 kg de suelo seco hay 90 gramos de nitrógeno total. Tanto para nitrógeno total como para materia orgánica los niveles están muy relacionados con la textura. Suelos con textura gruesa (arenosos) tienen menores valores para ambas características. De todos modos, hay un rango de valores que nos permiten orientar sobre la fertilidad de los suelos. Si consideramos la capa arable (los primeros 10-20 cm de suelo), estos son: altos más de 0,13%, medios 0,08% - 0,12% y bajos 0,05 -0,08 %.

FASSBENDER (1975) menciona que normalmente los suelos de clima frío contienen más nitrógeno total que los de clima cálido, pero el suministro es menor debido a la baja tasa de mineralización. Un estimativo se presenta a continuación: bajo menor de 0,10%, medio 0,10 - 0,20% y alto mayor de 0,2 %.

Cuadro 3. Porcentajes de nitrógeno en el suelo

Rango (%)	Interpretación
< 0.05	Muy baja
0.05 - 0.10	Baja
0.10 - 0.15	Moderada
0.15 - 0.25	Alta
> 0.25	Muy alta

Fuente: USDA (1999)

#### 2.3.2.4 Fósforo

FASSBENDER (1975) indica que los valores se expresan en porcentaje, lo que indica mg de P asimilable por Kg de suelo seco. El rango aproximado de valores para detectar deficiencias para las plantas es el siguiente: que los niveles relativos de fósforo son; 0-3 muy bajo, 3-6 bajo, 7-10 mediano, 11 - 21 alto y 21 a mas muy alto.

Cuadro 4. Niveles de fósforo en el suelo

Rango (ppm)	Interpretación
< 3.00	Muy baja
3.00 - 7.00	Baja
7.00 - 15.00	Medio
15.00 - 25.00	Alta
> 25.00	Muy alta

Fuente: USDA (1999)

### 2.3.2.5 Potasio

La fertilidad del suelo de acuerdo al potasio está basada en lo siguiente: que suelos que tienen potasio menos de 150Kg/Ha son suelos pobres, los que tienen de 150 - 300 Kg/Ha son suelos medios, los que tienen mayor a 300 Kg/Ha son suelos ricos.

Cuadro 5. Niveles de potasio en el suelo

Rango (K <sub>2</sub> O/ha)	Interpretación
< 300	Bajo
300 – 600	Medio
> 600	Alto

Fuente: USDA (1999)

### 2.3.2.6 CIC

SILVA, (2000) indica que la capacidad de intercambio catiónico (CIC) es la capacidad que tiene un suelo para retener y liberar iones positivos, merced a su contenido en arcillas. Éstas están cargadas negativamente, por lo que suelos

con mayores concentraciones de arcillas exhiben capacidades de intercambio catiónico mayores. Los cationes de mayor importancia con relación al crecimiento de las plantas son el calcio ( $\text{Ca}^{++}$ ), magnesio ( $\text{Mg}^{++}$ ), potasio ( $\text{K}^+$ ), amonio ( $\text{NH}_4$ ), sodio ( $\text{Na}^+$ ) e hidrógeno ( $\text{H}^+$ ). Los primeros cuatro son nutrientes y se encuentran involucrados directamente con el crecimiento de las plantas.

SILVA (2000), asegura que las deficiencias de calcio se encuentran usualmente relacionadas con los suelos ácidos y menciona que los rangos de calcio son los siguientes;  $>5\text{meq}/100\text{g}$  son suelos con bajo contenido en calcio,  $5-10\text{meq}/100\text{g}$  contenido medio y  $<10\text{meq}/100\text{g}$  alto contenido en calcio.

Cuadro 6. Clasificación de la fertilidad de suelos de acuerdo a la CIC

Rango (cmol(+)/kg de suelo)	Interpretación
< 6	Muy baja
6 – 12	Baja
12 – 25	Moderada
25 – 40	Alta
> 40	Muy alta

Fuente: USDA (1999)

La CIC efectiva es la capacidad de retener cationes que real y efectivamente “está funcionando” en el suelo tal cual se lo encuentra en el terreno. Es útil para fines agronómicos en suelos ácidos, sobre todo para el manejo de la fertilización potásica.

Cuadro 7. Clasificación de la fertilidad de suelos de acuerdo a la CICE.

Rango (cmol(+)/kg de suelo)	Interpretación
< 4	Bajo
4 – 30	Medio
> 30	Alto

Fuente: USDA (1999)

### 2.3.2.7 Calcio

El calcio es un nutriente esencial para las plantas, interviene entre otros procesos en el alargamiento celular, en la regulación estomática, forma parte de la estructura de la pared de las células y afecta la calidad de las frutas.

Es absorbido por las plantas como ion  $\text{Ca}^{+2}$  y en menos proporción mediante intercambio directo entre los pelos radicales y el complejo coloidal al que se encuentra adsorbido. Las leguminosas son plantas que demandan mucho más calcio de la solución del suelo para el proceso de nodulación. Debido a la interacción entre calcio, potasio y magnesio, su velocidad de absorción puede disminuir cuando hay altas concentraciones de potasio y/o magnesio en la solución del suelo KASS (1998).

Cuadro 8. Clasificación de la fertilidad de suelos de acuerdo al calcio.

Rango (cmol(+)/kg de suelo)	Interpretación
< 20	Muy alto
20 – 10	Alto
10 – 5	Medio
5 – 2	Bajo
> 2	Muy bajo

Fuente: USDA (1999)

### 2.3.3 Indicadores biológicos

BAUTISTA (2004) menciona que los indicadores biológicos integran los diferentes factores que afectan la calidad del suelo. Generalmente se refieren a la abundancia y subproductos de los organismos, Incluidos bacterias, hongos, nematodos, lombrices, anélidos y artrópodos.

DORAN y LINCOLN (1999) seleccionó como indicadores biológicos el carbono y nitrógeno de la biomasa microbiana, el nitrógeno potencialmente mineraliza y la respiración edáfica. CHEN (2000) menciona que también se consideran como indicadores biológicos la población de lombrices de tierra y el rendimiento de los cultivos. Las propiedades biológicas y bioquímicas (respiración edáfica, biomasa microbiana, actividades enzimáticas, microorganismos, y otros) son más sensibles y son valiosas en la interpretación de la dinámica de la materia orgánica y en los procesos de transformación de los residuos orgánicos; además,

dan rápida respuesta a los cambios en el manejo del suelo, son sensibles al estrés ambiental y fáciles de medir

GARCIA (2003). indica que la macrofauna del suelo incluye a los invertebrados visibles a simple vista que viven, total o parcialmente, dentro del suelo o inmediatamente sobre él. Estos invertebrados (lombrices de tierra, termites, hormigas, milpiés, ciempiés, arañas, escarabajos, gallinas ciegas, grillos, chicharras, caracoles, escorpiones, chinches y larvas de moscas y de mariposas) pueden incluir más de un millar de especies en un sólo ecosistema y alcanzar densidades y biomásas de más de un millón de individuos y más de una tonelada por hectárea, respectivamente.

#### **2.4 Diversidad de macro fauna en el suelo.**

La macrofauna son aquellos organismos macro invertebrados que componen la fracción orgánica del suelo y se encuentran comprendidas entre 2 mm a 20 mm de longitud. La macrofauna se mueve activamente en el suelo y pueden elaborar galerías en las cuales viven.

Forman parte de este grupo los isópodos, quilópodos, diplópodos, arácnidos, moluscos y formícidos, isópteros, coleópteros y oligoqueto (lombrices de tierra) (RAMIREZ y TRUJILLO, 2003).



La macrofauna como todos aquellos organismos detectables a simple vista, de tamaño variable, junto con otros organismos, plantas secas y residuos de origen animal, forman parte de la fracción orgánica del suelo; son denominados macro invertebrados; BURGÉS (1971).

La abundancia de toda la macrofauna puede alcanzar varios millones de individuos por ha y su biomasa varias toneladas por ha. Su diversidad podría llegar a superar el millar de especies en ecosistemas complejos (como la selva tropical), aunque todavía carecemos de datos exactos sobre la diversidad específica de la macrofauna tropical edáfica en un ecosistema dado (BROWN *et al.*, 2000).

La macrofauna puede además subdividirse en organismos epigeos, endógeos y anécicos, presentando cada categoría un papel diferente en el funcionamiento del ecosistema edáfico, aunque miembros de una misma categoría, pueden también tener efectos distintos sobre el suelo.

#### **2.4.1 Macrofauna y sus efectos sobre el suelo**

Son importantes por su actividad en los siguientes procesos: 1. Depredación de los microbios, 2. Modificación de la estructura del suelo, 3. Descomposición de la materia orgánica, 4. Mezcla de la materia orgánica descompuesta con la tierra. 5. Incrementa la formación de agregados; procesos que mejoran las propiedades físicas del suelo y definen el hábitat de otras

comunidades, algunos de estos grupos de organismos son: Arácnida, Isópoda, Miriápoda, Hymenoptera, Coleóptera y Gasterópoda. Una actividad biológica muy intensa puede dar lugar a modificaciones significativas del epipedión, de forma que su espesor sea muy considerable y esté formado casi enteramente por deyecciones y galerías rellenas. Para designar a los suelos con este tipo de horizonte (normalmente un epipedión móllico) se usa el elemento formador de gran grupo Verm- (como en Verudoll o Vermustoll).

Como se puede observar en el Cuadro 1. Se muestra como criterio principal el diámetro corporal, este diámetro presenta una cierta relación con el diámetro de la pipa digestiva y del dispositivo bucal estas medidas alternadamente, determina ese tipo de recurso alimenticio y que el potencial del consumo de un animal de la fauna del suelo (BURGES, 1971).

Cuadro 9. Actividades de la fauna del suelo en los procesos de descomposición y la estructura del suelo.

<b>Categoría</b>	<b>Ciclaje de nutrientes</b>	<b>Estructura del suelo</b>
- Microfauna (4mm – 100mm)	- Regularan las poblaciones de bacterias y hongos. - Alteran el ciclaje de nutrientes	- Pueden afectar la estructura del suelo a través de interacciones con la microflora. -
- Mesofauna (100mm - 2mm)	- Regularan las poblaciones de hongos y de la microfauna. - Alteran el ciclaje de nutrientes. - Fragmentan detritos vegetales.	- Producen pelotas fecales. - Crean bioporos. - Promueven la humificación.
- Macrofauna (2mm – 20mm)	- Regularan los hongos y la microfauna. - Estimulan la actividad microbiana.	- Descompone partículas orgánicas e minerales - Redistribuyen la materia orgánica y microorganismos - Promueven la humificación. - Producen pelotas fecales.

Fuente: CORREIA, M. (2000).

#### **2.4.2 Macrofauna y sostenibilidad agrícola y ambiental.**

Un buen suelo agrícola siempre ha sido relacionado con la abundante presencia de aquellos componentes de la macrofauna subjetivamente considerados como benéficos, nos referimos en este caso básicamente a las lombrices de tierra (las termitas de manera general son consideradas por los agricultores como plagas),

de manera tal que al ser escasa la población de oligoquetos disminuye la valoración subjetiva de esa "fertilidad".

Análisis más rigurosos han confirmado esa suposición, encontrándose que las prácticas agrícolas de altos insumos, ahora consideradas como insostenibles tienden, entre otros daños ambientales, a eliminar la biomasa y la diversidad en la población de oligoquetos (LAVELLE *et al.*, 1992, DECAENS *et al.* 2003).

En el caso de las termitas, la alteración del ecosistema natural para fines agrícolas induce cambios también drásticos, puesto que el laboreo y otras prácticas eliminan radicalmente las comunidades de estos organismos.

Tal situación es natural que ocurra aún bajo una agricultura de corte conservacionista (labranza reducida o cualquiera de estas modalidades).

Alteraciones en la macrofauna edáfica pueden ocurrir en función al uso de la tierra, de modificaciones no ambientales, de preparación de cultivo de suelo y de adición de materia orgánica (BARETTA *et al.* 2007), ocasionando efectos benéficos y/o perjudicial para la fauna epigea (ALVES *et al.*, 2006).

### **2.4.3 Biomasa de la macrofauna según sistemas de uso**

Con respecto a la biomasa, PASHANASI, (2001), en un trabajo realizado en Yurimaguas-Perú, encontró en un bosque primario no intervenido 84.9 g/m<sup>2</sup> y en uno intervenido, 91.1 g/m<sup>2</sup>, en un sistema de cultivos la biomasa variaba entre 5.1 a 30.5 g/m<sup>2</sup> y en un suelo con pastizal, la biomasa fluctuaba entre 38.4 g/m<sup>2</sup> y 165.9 g/m<sup>2</sup>.

TAPIA (2004), encontró que la biomasa total de macro invertebrados en un bosque secundario de la región Loreto era de 24.2 g/m<sup>2</sup> a su vez, (MARIN *et al* 2003), en un cacaotal encontró una biomasa de 54 g/m<sup>2</sup>.

### **2.4.4 Diversidad de la macrofauna según sistemas de uso**

PASHANASI (2001), en un trabajo desarrollado en Yurimaguas, encontró 26 unidades taxonómicas (ut) en un bosque primario no intervenido y 25 (ut), en un bosque intervenido, en un sistema de uso de cultivos de 15 a 21(ut), en terreno de pastizal registró 18 (ut) En otro ámbito geográfico, (VARGAS *et al* 2002), en Tingo María registró 12 órdenes de macroinvertebrados en un suelo con leguminosas rastreras y 4 órdenes en un terreno degradado. Ecosistemas forestal y agroforestal ubicados en Embu-Kenya, (MWANGI *et al* 2004), registró 453 grupos y órdenes.

Formicidas, oligochaetas y coleopteros, fueron encontrados en un bosque primario no intervenido; a su vez, oligochaetas, isopteras y formicidas fueron encontrados en un bosque primario intervenido (PASHANASI, 2001).

Los macroinvertebrados predominantes en cultivos de maracuyá, *Arachis pintoi*, *Saccharum officinarum* "caña de azúcar", *milho-carep* y bosque secundario son formicida, collembola, saprofitos, isopoda, diplopoda coleoptera y aranea. TAPIA (2004), registró 2 459 ind./m<sup>2</sup> de isoptera en una plantación de Cedrelinga y como grupos predominantes en todos los sistemas isoptera y formicidae.

#### **2.4.5 Distribución vertical de macro invertebrados en el suelo**

La mayor densidad poblacional de la macrofauna del suelo se presenta en el estrato superficial, entre 0 y 10 cm WELLINTON (1995), del mismo modo Gill, citado por WELLINTON (1995), encontró que los factores físicos del ambiente como la humedad, temperatura y hojarasca en el suelo fueron más importantes en la determinación de la distribución vertical y de la abundancia de los macroinvertebrados.

En los suelos se presenta una disminución gradual de la densidad de la macro fauna conforme se incrementa la profundidad, sin embargo, hay algunos

grupos más abundantes en los niveles más profundos del suelo, Merino citado por WELLINTON (1995).

## **2.5 Sistemas de uso de suelos**

### **2.5.1 Influencia de los sistemas de uso en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo**

Las prácticas agrícolas convencionales como el arado, el uso de enmiendas, fertilizantes y plaguicidas no sólo han tenido influencia en el suelo donde se aplican dichas prácticas, sino sobre la calidad del agua y de la atmósfera, ya que han generado cambios en la capacidad del mencionado suelo para producir y consumir gases como dióxido de carbono, óxido nitroso y metano (COYNE, 2000).

### **2.5.2 Características de los sistemas de uso de suelos en estudio.**

#### **2.5.2.1 Bosque secundario**

Los bosques secundarios poseen características biofísicas en armonía con el manejo forestal, tales como una alta productividad y una composición ecológicamente uniforme de especies arbóreas dominantes, que simplifican su utilización y facilitan su silvicultura, además de su alto valor en productos no-maderables y biodiversidad (FAO 2013)

La sucesión de las especies pioneras de una asociación son las primeras en establecerse, porque presentan características de colonizadoras, como tal son de rápido crecimiento, invierten alta energía en la producción de biomasa, consecuentemente abundante producción anual de semillas y la elevada capacidad de disposición colonizadora. Conocidos como especies de estrategia de vida "r", las mismas se establecen en condiciones hostiles y en ambientes altamente perturbados.

A medida que la sucesión avanza es conocido que la diversidad suele ser alta en comunidades más viejas y bajas en las de nuevo establecimiento (ODUM, 1983).

#### **2.5.2.2 Café**

Los suelos para el cultivo de café deben ser de fertilidad media a alta, pero más importante aún es el equilibrio entre los elementos de magnesio/potasio, calcio/magnesio y calcio/potasio. También son importantes la textura del suelo y los tipos de minerales presentes, ya que influye directamente en la capacidad de fijación de fósforo. (OLIVEROS 2011)



Los resultados observados por DE AGUIAR (2008) en un manejo agroforestal sugieren cierta indicación de antecedentes de calidad física de suelo, comparado con un cafetal a pleno sol.

La alteración de las condiciones del suelo por las prácticas de manejo puede afectar la producción de los cultivos, por un lado, a través de su influencia en la distribución de la materia orgánica, actividad microbiana y dinámica de nutrientes y por otro lado, modificando propiedades físicas del suelo como agregación y porosidad (DÍAZ *et al.*, 2002). La siembra directa, es decir la no labranza puede mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos puesto que contribuyen, en general, a mantener o incrementar el nivel de carbono orgánico del suelo (FRANZLUEBBERS *et al.*, 1999).

### **2.5.2.3 Cacao**

El árbol de cacao o cacaotero (*Theobroma cacao L.*), es una planta tropical de unos tres metros, que deben estar a la sombra, por lo cual normalmente se encuentran bajo árboles más grandes. El fruto (mazorca de cacao) puede alcanzar una longitud de 15 – 25 cm. cada mazorca contiene entre 30 y 40 semillas. Las semillas son de color marrón – rojizo en el exterior y están cubiertas de una pulpa blanca y dulce (ICT, 2004).

El cacao, como cultivo perenne, necesita de suelos profundos (más de 1 metro), con textura limosa a arcillosa; los depósitos aluviales (terreno inundable estacional) son ideales para el cultivo (ISLA 2009)

Los suelos más apropiados para el cultivo de cacao son los aluviales, profundos y fértiles; también se adaptan a suelos de textura Arcillo – Arenoso, Arena – Arcilloso con pH de 4.5 que son muy ácidos hasta muy alcalino con pH 8.5 siendo el óptimo entre 6.0 y 6.5 (ICT, 2004).

En general los suelos requeridos deben ser de buena fertilidad, sueltos y profundos, materia orgánica abundante y el pH óptimo entre 6 y 7 bien drenados (MONTE, 1966).

La limitada capacidad de cambio en estos suelos afecta la nutrición del cacao y debe ser considerada al momento de aplicar fertilizantes o enmiendas, el fósforo se encuentra en concentraciones bajas a medias, este elemento es indispensable durante todo el ciclo vegetativo de la planta, tiene una marcada influencia, sobre el desarrollo de las raíces, fecundación, formación y madurez del fruto (RODRIGUEZ, 1992).

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Características generales de la zona de estudio

##### 3.1.1 Ubicación política

La zona de estudio se ubica en el departamento de Huánuco, provincia de Huamalíes, distrito de Monzón, que se encuentra al margen derecho del río Monzón, abarcando una superficie total de 1 521.38 km<sup>2</sup>.

##### 3.1.2 Ubicación geográfica

Cuadro 10. Ubicación geográfica de las localidades evaluadas.

N°	Localidades	Coordenadas		Altitud (m.s.n.m)
		X	Y	
1	Cruz Pampa	353374	8976260	872
2	Cuyaco	355664	8978537	842
3	Nueva Selva Baja	356893	8979434	814
4	Santa Rosa de Chacrita	366210	8979301	809
5	Palo de Acero	380587	8978637	701
6	Nuevo Rondos	380050	8971945	768

Fuente: Elaboración propia.

### **3.1.3 Vías de acceso**

La accesibilidad al distrito de Monzón es camino semi-afirmado, tomando desde el punto de partida de la Universidad Nacional Agraria de la selva hacia el distrito con una movilidad (auto) a 70 km con un tiempo de 2 horas de llegada al destino.

### **3.1.4 Clima**

El clima es tropical, húmedo y lluvioso donde se ubica en la parte sierra, con una precipitación media 1638 mm, temperatura media anual de 22.7 °C y con una humedad relativa de 77.5 %.

### **3.1.5 Fisiografía**

Se caracteriza por su topografía plana y boscosa, advirtiéndose la presencia de cerros elevados y quebradas, la naturaleza del suelo está compuesta por terrenos arcillosos, calcáreas y una decena de altiplanicies, gargantas y pináculos.

### **3.1.6 Ecología**

De acuerdo al Mapa Ecológico, basados en la zona de vida en el mundo por L.R Holdridge, correspondemos a un Bosque muy húmedo Premontano tropical (Bmh-Pt) y bosque pluvial Montano tropical (bp-MT).

### **3.1.7 Hidrología**

Los ríos principales son: El Monzón, afluente del Huallaga por su margen izquierda; su origen es el río Yanamayo, que nace de la laguna Negro Cocha o Chipaquillo y en los cerros de las Tres Alcantarillas. El Cuyacu, que nace de los cerros Yanacandado y de las Tres Alcantarillas. Tazo Grande, tiene su origen en la laguna que se encuentra junto a Pampa Hermosa. Cachicoto, se forma por la unión de los riachuelos que bajan de las cumbres de San Bartolomé. Rondos, nace de la laguna de Guitarra (terreno de Patay Rondos). La alta catarata El Velo del Angel ubicada muy próximo a la capital del distrito; Sachavaca; Shitari; Espino.

### **3.1.8 Factores culturales**

Las personas que habitan en el valle del Monzón en su mayoría son foráneos provenientes de la sierra de Huánuco.

### **3.1.9 Actividades económicas**

En el distrito de Monzón está basada en cultivos permanentes y anuales, representado por plátano, papaya, arroz, yuca, maíz, cacao, café, frijol de

palo, etc. En general, los productos son para autoconsumo a nivel local y un pequeño porcentaje es llevado a los mercados de Tingo María principalmente.

### **3.2 Materiales y equipos de campo**

GPS, Wincha métrica, pilas AA Duracell, machete, lampas, pala recta, picos, bolsas plásticas, martillo, costales, baldes, ficha de campo, libreta de campo, cámara digital Sony 14.1 MP, tapers medianos, monolito, pinzas, letreros, 1 litro de alcohol de 96°, cinta maskintape, rafia, linternas, termómetro de suelo.

### **3.3 Materiales y equipos de laboratorio**

Probeta, tubo de ensayos, Muestras de suelos, termómetro, vasos de precipitación, hidrómetro de Bouyucus, placas de Petri, marcadores indelebles, soporte universal, balanza de precisión, estufa, potenciómetro, buretas, pipetas, cilindro, embudos, papel filtro, tamiz de 2 y 0.25 mm, bolsas de plástico, frasco de vidrio, tabla de Musell y espátula.

### **3.4 Materiales y equipos de gabinete**

Mapa geológico, Mapa pendiente, carta nacional 1:100 000, Laptop LENOVO core i5, Modelo digital de elevación (DEM), datos climatológicos, programa estadístico SPSS, ArcGis 10.3

### **3.5 Tipo y nivel de investigación.**

#### **3.5.1 Tipo de investigación**

Para la ejecución del trabajo de investigación se adoptó un diseño descriptivo, considerando los tres sistemas de uso de suelos y la macrofauna.

#### **3.5.2 Nivel de investigación**

El nivel de investigación fue probabilístico debido a que se realizó muestreos por sistemas de uso de suelos que nos permitió obtener datos representativos de muestra.

#### **3.5.3 Componentes en estudio**

Los componentes de estudio de la investigación fueron:

- Las propiedades físicas y químicas del suelo que fueron evaluados en los 6 sectores (Monte Grande, Cuyaco, Nueva Selva, Santa Rosa de Chacrita, Palo de Acero, Nuevo Rondos ) y en los 3 sistema de uso de suelo (bosque secundario, café, cacao)de cada sector.
- La diversidad de macrofauna en cada una de ellas.

#### **3.5.4 Variables de estudio**

Las variables de la investigación fueron independientes y dependientes.

#### **3.5.4.1 Variable independiente**

Las propiedades físicas y químicas del suelo:

- Textura del suelo, se determinó en el laboratorio.
- Densidad aparente se evaluó en el laboratorio.
- La temperatura del suelo se midió en campo con el termómetro.
- Porosidad del suelo, se determinó en gabinete.
- Reacción del suelo (pH) se evaluó en el laboratorio.
- Materia orgánica se evaluó en el laboratorio.
- Nitrógeno Total se determinó en el laboratorio.
- Fósforo disponible se determinó en laboratorio.
- Potasio disponible se determinó en el laboratorio.
- CIC se evaluó en el laboratorio.
- Bases cambiables se determinó a partir de la CIC.
- Acidez cambiante se determinó en el laboratorio.

#### **3.5.4.2 Variables dependientes**

Las variables dependientes evaluados fueron la densidad de la macrofauna se evaluó en campo mediante la identificación de organismos con el método TSBF.



### **3.6 Metodología**

La siguiente investigación se realizó a través de una secuencia de actividades de campo, laboratorio y gabinete que se resume de la siguiente forma (APONTE, 2015)

#### **3.6.1 Etapa de pre campo**

En esta etapa se realizó una visita al distrito para la recopilación y análisis de información existentes en el área de estudio, relacionadas con las características de uso del suelo de la zona, de las cuales se seleccionó (03) sistemas de uso de suelo característicos, en los (06) centros poblados del distrito de Monzón.

#### **3.6.2 Etapa de campo**

En la zona de estudio se identificó y se determinó diversidad de macrofauna en diferentes sistemas de uso de suelos como las propiedades del suelo.

- a) Para el factor de la topografía, las pendientes se determinaron por el Método del eclímetro.

Luego se ubicó y georreferenció, tomando los puntos de muestreo con ayuda de un GPS digital para realizar las respectivas calicatas y la obtención de las muestras de suelos con el fin de evaluar las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo.

Cuadro 11. Sistemas de uso del suelo seleccionados.

Centro poblado	Sistemas de uso de suelo	Altitud (m.s.n.m.)	Coordenadas UTM	
			E	N
Cruz Pampa	Bosque	1504	353135	8973540
	Café	1063	353342	8976473
	Cacao	839	353620	8977616
Cuyaco	Bosque	1137	355360	8977586
	Café	1159	356787	8977821
	Cacao	823	354895	8979169
Nueva Selva Baja	Bosque	1223	358682	8978643
	Café	884	357228	8978949
	Cacao	800	357071	8979620
Santa Rosa de Chacrita	Bosque	1060	366419	8978042
	Café	970	366108	8977954
	Cacao	903	365645	8979085
Palo de Acero	Bosque	742	380391	8978292
	Café	727	380473	8978292
	Cacao	709	380294	8978093
Nuevo Rondos	Bosque	827	379141	8973141
	Café	815	379181	8973465
	Cacao	743	379515	8972460

Fuente: Elaboración propia

### 3.6.2.1 Muestreo físico y químico del suelo

Se realizó a través de hoyos con dimensiones de 25 x 25 x 20 cm (ancho, largo y profundidad), ubicadas en cada sistema de uso, tomándose muestras sin disturbar para determinar las propiedades físicas y las propiedades químicas, aproximadamente se tomó 1 kg de suelo las mismas fueron etiquetadas para su identificación y se envió al laboratorio de suelos de la Facultad de

Agronomía, de la Universidad Nacional Agraria de la Selva para su respectivo análisis físico – químico.

### 3.6.2.2 Muestreo biológico del suelo

#### a) Macrofauna del suelo

Se realizó por el método recomendado del Programa Tropical Soil Biology and Fertility (TSBF),(LINARES, 2007), mediante un monolito con dimensiones 25 cm x 25 cm x 10 cm de profundidad para facilitar el enterrado en el suelo, con la finalidad de colectar los organismos directamente del suelo a profundidades de 0 - 10 cm y 10 - 20 cm y continuamente. Los macroinvertebrados fueron separados con ayuda de una pinza sobre bandejas plásticas y luego colocados en un recipiente con alcohol, respectivamente etiquetado. Los organismos del suelo fueron identificados en el laboratorio de microbiología de la Universidad Nacional Agraria de la Selva. (CARDENAS ,2008).

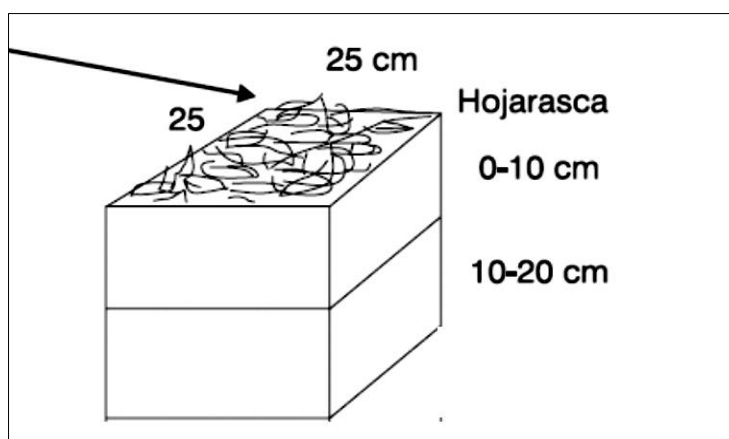


Figura 1. Metodología de muestreo por el tropical soil biology and fertility (TSBF)

### 3.6.3 Etapa de laboratorio

Las muestras recolectadas del campo se le realizó un respectivo análisis de caracterización del suelo donde se determinaron las propiedades físicas y químicas del suelo, se realizó en el laboratorio de análisis de suelos de la Facultad de Agronomía y de las propiedades biológicas del suelo se realizará en el laboratorio de microbiología general.

Cuadro 12. Propiedades físicas y químicas de los suelos.

<b>Indicadores físicos</b>	<b>Método</b>
Textura del suelo	Método del hidrómetro de Bouyoucos
Densidad aparente	Método del cilindro
Temperatura del suelo	Método directo (termómetro)
Porosidad	A través de la densidad aparente y densidad real
<b>Indicadores químicos</b>	<b>Método</b>
Ph	Método del potenciómetro
Materia orgánica	Método de Walkley y Black
Nitrógeno Total	Método de Kjeldahl
Fósforo disponible	Método de Olsen modificado
Potasio disponible	Método del acetato de amonio de 6N
Aluminio intercambiable	Absorción atómica
CIC	Método de acetato de amonio 1N. pH 7.0
CIC efectiva	Desplazamiento con KCl 1N (suelos en pH < 5.6)

Fuente: Laboratorio de suelos de Agronomía

Cuadro 13. Métodos para la determinación de indicadores biológicos del suelo.

<b>Indicadores biológicos</b>	<b>Método de su determinación</b>
Densidad macrofauna del suelo	Método directo por conteo

Fuente: Doran y Lincoln, (1999); Moscatelli et al. (2005)

### 3.6.4 Análisis de los datos para diversidad

Los datos obtenidos de las muestras fueron ingresados en el programa Microsoft Excel de acuerdo a las variables evaluadas, donde se determinaron:

#### 3.6.4.1 Índice de Shannon – Wiener (H') (ÑIQUE, 2010)

$$H' = - \sum_{i=1}^S pi \log pi$$

$$pi = \frac{ni}{N}$$

Dónde:

S =Número de especies o unidades taxonómicas

ni= Abundancia de genero i

N= Abundancia total de los géneros =  $\sum ni$

#### **3.6.4.2 Densidad de macrofauna**

Dado que para cada muestreo se utilizó un cuadrado de 25 cm de lado, lo que representa  $1/16$  m<sup>2</sup>, los datos de cada punto de muestreo son multiplicados por 16 para obtener las unidades de número de individuos por metro cuadrado (ind/m<sup>2</sup>) (CORREIA y OLIVEIRA, 2000).

#### **3.6.5 Etapa de gabinete**

Todos los datos obtenidos en campo y en el laboratorio, fueron procesados, evaluados y comparados, para poder redactar el informe final; realizando un análisis estadístico, a través del programa estadístico SPSS, Arcgis 10.3 (DE LA SERNA 2016).

## IV. RESULTADOS

### 4.1 Descripción de las propiedades físico y químicos del suelo

#### 4.1.1 Textura de los suelos evaluados

Se observa que el 22% de los suelos evaluados presentan textura Franco y Franco Arcillo Limoso, el 17% son Franco arcillo Arenoso y Arcilloso, el 11% Franco Arcilloso y el 6% presenta textura Arcillo Arenoso y Franco Limoso.

Cuadro 14. Clase textural de suelo.

VARIABLE	CLASE	LIMITES	FA	FR (%)
Clase Textural	1	Franco	4	22.22
	2	Franco Limoso	1	5.56
	3	Franco Arcillo Arenoso	3	16.67
	4	Franco Arcillo Limoso	4	22.22
	5	Franco Arcilloso	2	11.11
	6	Arcillo Arenoso	1	5.55
	7	Arcilloso	3	16.67

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.1.1.1 Textura de los suelos de bosque secundario

De los suelos de bosque secundarios evaluados el 33% son de textura Franco y Arcilloso y un 17% son Franco Arcillo Arenoso y Franco Arcillo Limoso.

Cuadro 15. Clase textural de suelo de bosque secundario.

VARIABLE	CLASE	LIMITES	FA	FR (%)
Clase Textural	1	Franco	2	33
	2	Franco Arcillo Arenoso	1	17
	3	Franco Arcillo Limoso	1	17
	4	Arcilloso	2	33

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.1.1.2 Textura de los suelos de café

De los suelos de café evaluados el 50% son de textura Franco Arcillo Limoso y un 17% son Franco, Franco Arcillo Arenoso y Arcilloso.

Cuadro 16. Clase textural de suelo de café.

VARIABLE	CLASE	LIMITES	FA	FR(%)
Clase Textural	1	Franco	1	16.67
	2	Franco Arcillo Arenoso	1	16.67
	3	Franco Arcillo Limoso	3	49.99
	4	Arcilloso	1	16.67

Fuente: Elaboración propia.



#### 4.1.1.3 Textura de los suelos de cacao

De los suelos de cacao evaluados el 33% son de textura Franco Arcilloso y un 17% son Franco, Franco limoso, Franco Arcillo Arenoso y Arcillo Arenoso.

Cuadro 17. Clase textural de suelo de café.

VARIABLE	CLASE	LIMITES	FA	FR(%)
Clase Textural	1	Franco	1	16.67
	2	Franco Limoso	1	16.67
	3	Franco Arcillo Arenoso	1	16.67
	4	Franco Arcilloso	2	33.32
	5	Arcillo Arenoso	1	16.67

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.1.2 Textura de los suelos evaluados por localidad.

Cuadro 18. Clase textural de los suelos por localidad.

Uso de Suelos	Localidad	Are	Lim	Arc	TEXT
Bosque Secundario	Cruz Pampa	34	40	26	Arcilloso
	Cuyaco	35	41	24	Arcilloso
	Nueva Selva Baja	41	25	34	Franco
	Santa Rosa de Chacrita	56	31	13	Franco Arcillo Arenoso
	Palo de Acero	27	31	42	Franco Arcillo Limoso
	Nuevo Rondos	33	21	46	Franco
	<b>Promedio</b>	<b>37.7</b>	<b>31.5</b>	<b>30.8</b>	

Café	Cruz Pampa	33	27	40	Franco Arcillo Limoso
	Cuyaco	25	45	30	Arcilloso
	Nueva Selva Baja	37	19	44	Franco
	Santa Rosa de Chacrita	31	27	42	Franco Arcillo Limoso
	Palo de Acero	51	25	24	Franco Arcillo Arenoso
	Nuevo Rondos	27	33	40	Franco Arcillo Limoso
	<b>Promedio</b>	<b>34.0</b>	<b>29.3</b>	<b>36.7</b>	
Cacao	Cruz Pampa	35	39	26	Franco Arcilloso
	Cuyaco	35	22	43	Franco
	Nueva Selva Baja	47	29	24	Franco Arcillo Arenoso
	Santa Rosa de Chacrita	51	37	12	Arcillo Arenoso
	Palo de Acero	22	21	57	Franco Limoso
	Nuevo Rondos	38.5	35.3	26.1	Franco Arcilloso
	<b>Promedio</b>	<b>38.1</b>	<b>30.6</b>	<b>31.4</b>	

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.1.3 Porosidad de los suelos evaluados.

Se observa que el 56% de los suelos evaluados presentan entre 49.89 a 62.87% de porosidad en el suelo, mientras que solo el 6% de los suelos presentan porosidades entre 43.40 a 49.89 %.

Cuadro 19. Porosidad de los suelos evaluados.

Variable	Clase	Límite Inferior	Límite Superior	MC	FA	FR (%)
POROSIDAD (%)	1	43.396	49.887	46.642	1	5.5
	2	49.887	56.377	53.132	4	22.2
	3	56.377	62.868	59.623	5	27.8
	4	62.868	69.358	66.113	5	27.8
	5	69.358	75.849	72.604	3	16.7

Fuente: Elaboración propia.

El cuadro 20 indica que en promedio los suelos de Cruz Pampa presentan mayor porosidad, mientras que Palo de Acero presenta menor porosidad. La figura 2 indica que el suelo de café en Cuyaco presentó mayor porosidad 76%.

Cuadro 20. Porosidad de los suelos evaluados por localidad.

Localidad	POROSIDAD (%)			Promedio
	Bosque Secundario	Café	Cacao	
Cruz Pampa	71	58	66	65.0
Cuyaco	72	76	43	63.7
Nueva Selva Baja	68	59	58	61.7
Santa Rosa de Chacrita	67	51	61	59.7
Palo de Acero	63	55	52	56.7
Nuevo Rondos	62	66	54	60.7
Promedio	67.2	60.8	55.7	

Fuente: Elaboración propia.

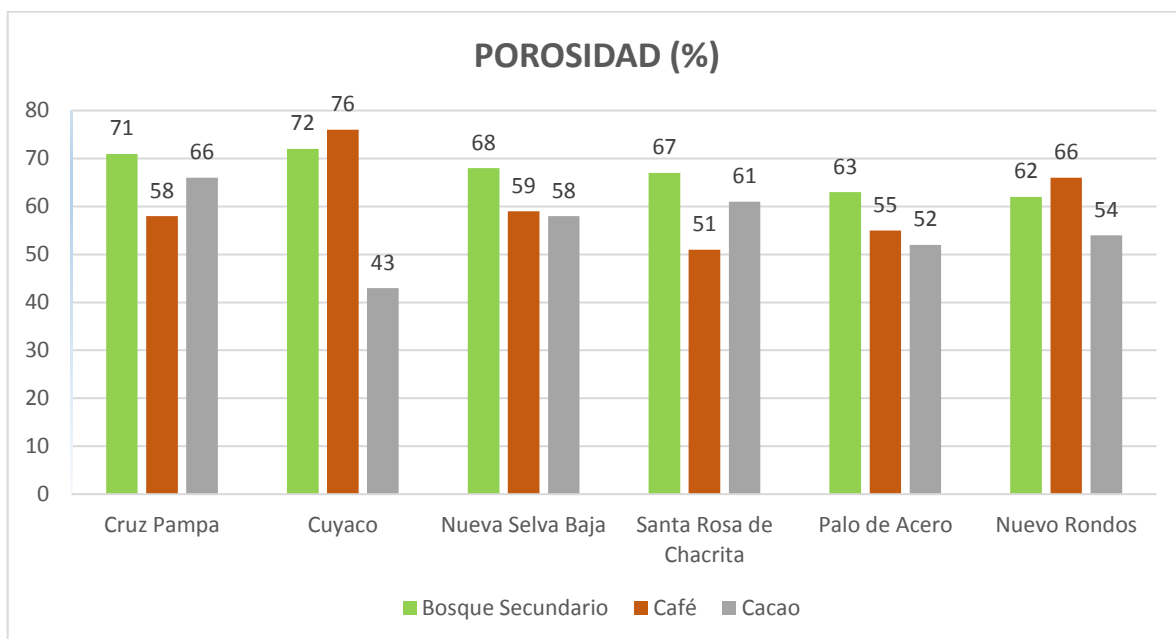


Figura 2. Porosidad de los suelos evaluados.

#### 4.1.4 Densidad de los suelos evaluados

Se observa la evaluación de la densidad aparente de los suelos todos presentan una densidad aparente por debajo de  $1.5 \text{ g/cm}^3$  siendo aptos para el crecimiento de las raíces, la mayor parte de estos suelos presentan densidades que oscilan desde  $0.812 \text{ g/cm}^3$  a  $0.984 \text{ g/cm}^3$ , representando el 28% del total al igual de los que oscilan desde  $0.984 \text{ g/cm}^3$  a  $1.156 \text{ g/cm}^3$  que representa también un 28% del total y el cuadro 22 indica que en promedio los suelos de Cuyaco presenta mayor valor de densidad aparente.

Cuadro 21. Densidad aparente de los suelos evaluados.

Variable	Clase	Límite Inferior	Límite Superior	MC	FA	FR (%)
Densidad Aparente (g/ml)	1	0.64	0.812	0.726	3	16.67
	2	0.812	0.984	0.898	5	27.78
	3	0.984	1.156	1.07	5	27.78
	4	1.156	1.328	1.242	4	22.22
	5	1.328	1.5	1.414	1	5.55

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 22. Densidad aparente de los suelos evaluados por localidad.

Localidad	Densidad Aparente (g/ml)			Promedio
	Bosque Secundario	Café	Cacao	
Cruz Pampa	0.77	1.11	0.89	0.92
Cuyaco	0.75	0.64	1.50	0.96
Nueva Selva Baja	0.86	1.08	1.12	1.02
Santa Rosa de Chacrita	0.88	1.30	1.04	1.07
Palo de Acero	0.97	1.19	1.27	1.14
Nuevo Rondos	1.01	0.90	1.23	1.05
Promedio	0.87	1.04	1.18	

Fuente: Elaboración propia

#### 4.1.5 Temperatura de los suelos evaluados

Del cuadro 23 se observa que el 56% de los suelos evaluados presentan temperaturas entre 21.8 a 24.64 °C, mientras que solo el 12% de los suelos presentan temperaturas entre 27.48 a 36.0 °C .

Cuadro 23. Temperatura de los suelos evaluados.

Variable	Clase	Límite Inferior	Límite Superior	MC	FA	FR (%)
Temperatura (°C)	1	21.800	24.640	23.220	10	55.56
	2	24.640	27.480	26.060	6	33.32
	3	27.480	30.320	28.900	1	5.56
	4	30.320	33.160	31.740	0	0.00
	5	33.160	36.000	34.580	1	5.56

Fuente: Elaboración propia.

El cuadro 24 y figura 3, nos indican que en los suelos de Cuyaco en promedio presentan mayores temperaturas pues el suelo de cacao presento la mayor temperatura 36 °C.

Cuadro 24. Temperatura de los suelos evaluados por localidad.

Localidad	TEMPERATURA (°C)			Promedio
	Bosque Secundario	Café	Cacao	
Cruz Pampa	21.8	25.1	28.6	25.17
Cuyaco	22.8	24.3	36.0	27.70
Nueva Selva Baja	22.1	23.4	26.8	24.10
Santa Rosa de Chacrita	23.4	25.2	23.8	24.13
Palo de Acero	23.5	25.2	23.9	24.20
Nuevo Rondos	24.4	26.8	26.4	25.87
Promedio	23.00	25.00	27.58	

Fuente: Elaboración propia.

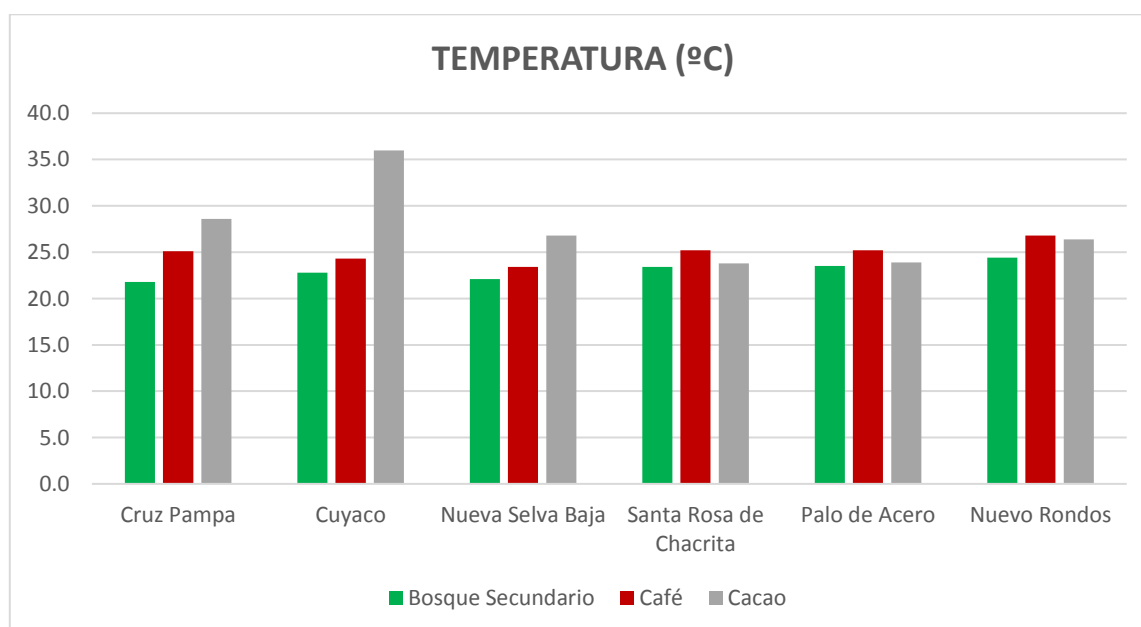


Figura 3. Temperaturas de los suelos evaluados.

#### 4.1.6 Pendiente de los suelos evaluados

De los terrenos donde se realizó los muestreos todos presentan pendientes por debajo de 51% mientras que el 39% del total presentan pendientes entre 5% a 14.2% y solo el 6% de los terrenos tienen pendientes entre 23.4% a 32.6%.5

Cuadro 25. Pendientes evaluadas.

Variable	Clase	Límite Inferior	Límite Superior	MC	FA	FR (%)
Pendiente (%)	1	5	14.2	9.6	7	38.89
	2	14.2	23.4	18.8	3	16.66
	3	23.4	32.6	28	1	5.56
	4	32.6	41.8	37.2	5	27.78
	5	41.8	51	46.4	2	11.11

Fuente: Elaboración propia.

El cuadro 26 nos indica que en promedio los suelos de Santa Rosa de Chacrita presentan mayor pendiente, mientras que los suelos de Nuevo Rondos en promedio presentan menor pendiente.



Cuadro 26. Pendiente de cada localidad evaluada.

Localidad	Pendiente (%)			Promedio
	Bosque Secundario	Café	Cacao	
Cruz Pampa	41	36	16	31.0
Cuyaco	36	27	7	23.3
Nueva Selva Baja	51	21	11	27.7
Santa Rosa de Chacrita	51	41	14	35.3
Palo de Acero	5	10	5	6.7
Nuevo Rondos	16	33	5	18.0
Promedio	33.3	28.0	9.7	

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.1.7 pH de los suelos evaluados

De los suelos evaluados,

los rangos muestran reacciones que van desde extremadamente ácida a ligeramente ácida, asimismo la mayor parte de los suelos (83%) se encuentran en reacciones que van desde muy extremadamente ácido a moderadamente ácidas con rangos de 3.77 a 5.672 de pH, asimismo el cuadro 27 nos indica que en promedio los suelos de Cruz Pampa presentan mejor pH 6.27.

Cuadro 27. pH del suelo evaluados.

Variable	Clase	Límite Inferior	Límite Superior	MC	FA	FR (%)
pH	1	3.77	4.404	4.087	6	33
	2	4.404	5.038	4.721	8	44
	3	5.038	5.672	5.355	1	6
	4	5.672	6.306	5.989	2	11
	5	6.306	6.94	6.623	1	6

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 28. pH del suelo evaluados por localidad.

Localidad	pH			Promedio
	Bosque Secundario	Café	Cacao	
Cruz Pampa	6.14	5.74	6.94	6.27
Cuyaco	4.88	4.76	4.93	4.86
Nueva Selva Baja	4.10	4.97	4.85	4.64
Santa Rosa de Chacrita	4.03	4.89	4.22	4.38
Palo de Acero	3.77	4.87	5.34	4.66
Nuevo Rondos	4.19	4.21	4.55	4.32
Promedio	4.52	4.91	5.14	

Fuente: Elaboración propia

#### 4.1.8 Materia orgánica de los suelos evaluados

De los contenidos de materia orgánica en los suelos evaluadas se observa que el 56% de los suelos presentan bajos contenidos de materia orgánica mientras que el 28% presentan un nivel medio de contenido de materia orgánica y el 16% de las muestras presentan alto contenido de materia orgánica, asimismo el cuadro 30 nos indica que en promedio los suelos de Cruz Pampa presentan mayor cantidad de materia orgánica.

Cuadro 29. Materia orgánica de los suelos evaluados.

Variable	Clase	Límite Inferior	Límite Superior	MC	FA	FR (%)
Materia Orgánica (%)	1	1.96	3.242	2.601	10	55.56
	2	3.242	4.524	3.883	5	27.78
	3	4.524	5.806	5.165	2	11.11
	4	5.806	7.088	6.447	0	0.00
	5	7.088	8.37	7.729	1	5.55

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 30. Materia orgánica de los suelos evaluados por localidad.

Localidad	Materia Orgánica (%)			Promedio
	Bosque Secundario	Café	Cacao	
Cruz Pampa	8.37	3.86	2.02	4.75
Cuyaco	3.93	5.09	3.19	4.07
Nueva Selva Baja	2.94	2.88	5.58	3.80
Santa Rosa de Chacrita	3.68	2.21	2.39	2.76
Palo de Acero	2.33	2.02	3.86	2.74
Nuevo Rondos	2.15	3.99	1.96	2.70
Promedio	3.90	3.34	3.17	

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.1.9 Nitrógeno de los suelos evaluados

De las muestras se obtuvieron que el 50% de los suelos evaluados presentan bajos contenidos de nitrógeno, mientras que solo un 6% presentan muy alto contenido de nitrógeno.

Cuadro 31. Nitrógeno de los suelos evaluados.

Variable	Clase	Límite Inferior	Límite Superior	MC	FA	FR (%)
Nitrógeno (%)	1	0.09	0.148	0.119	9	50
	2	0.148	0.206	0.177	6	33
	3	0.206	0.264	0.235	2	11
	4	0.264	0.322	0.293	0	0
	5	0.322	0.38	0.351	1	6

Fuente: Elaboración propia.

El cuadro 32 nos indica que en promedio los suelos de Cruz Pampa presentan mayor contenido de nitrógeno, mientras que los suelos de palo de Acero y Nuevo Rondos presentan bajos contenidos de nitrógeno.

Cuadro 32. Nitrógeno de los suelos evaluados por localidad.

Localidad	Nitrógeno			Promedio
	Bosque Secundario	Café	Cacao	
Cruz Pampa	0.38	0.17	0.09	0.21
Cuyaco	0.18	0.23	0.14	0.18
Nueva Selva Baja	0.13	0.13	0.25	0.17
Santa Ros de Chacrita	0.17	0.10	0.11	0.13
Palo de Acero	0.10	0.09	0.17	0.12
Nuevo Rondos	0.10	0.18	0.09	0.12
Promedio	0.18	0.15	0.14	

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.1.10 Fósforo de los suelos evaluados

De la evaluación en el suelo, se observa que el 84% de las muestras presentan entre bajo a muy bajo el contenido de fósforo los cuales oscilan entre 0.47ppm hasta 7.95ppm, mientras que solo un 17% presentan medio el contenido de fósforo los cuales oscilan entre 7.95ppm hasta 9.82 ppm con solo 3 muestras

Cuadro 33. Fósforo de los suelos evaluados.

Variable	Clase	Límite Inferior	Límite Superior	MC	FA	FR (%)
Fósforo (ppm)	1	0.47	2.34	1.405	1	5.55
	2	2.34	4.21	3.275	5	27.78
	3	4.21	6.08	5.145	4	22.22
	4	6.08	7.95	7.015	5	27.78
	5	7.95	9.82	8.885	3	16.67

Fuente: Elaboración propia.

Del cuadro 34 se observa que en promedio los suelos de Cuyaco presentan menor contenido de fósforo a diferencia de las demás localidades.

Cuadro 34. Fósforo de los suelos evaluados por sector.

Localidad	Fósforo (ppm)			Promedio
	Bosque Secundario	Café	Cacao	
Cruz Pampa	5.53	7.25	7.23	6.67
Cuyaco	3.38	3.56	3.04	3.33
Nueva Selva Baja	9.56	7.16	3.30	6.67
Santa Rosa de Chacrita	4.33	5.36	7.16	5.62
Palo de Acero	4.59	9.82	3.81	6.07
Nuevo Rondos	6.90	9.56	0.47	5.64
Promedio	5.72	7.12	4.17	

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.1.11 Potasio de los suelos evaluados

Del contenido de potasio en el suelo se observa que las 18 muestras (100% del total) presentan bajo contenido de este elemento oscilando de 65.97ppm a 207.6ppm

Cuadro 35. Potasio en los suelos evaluados.

Variable	Clase	Límite Inferior	Límite Superior	MC	FA	FR (%)
Potasio (ppm)	1	65.97	94.296	80.133	10	55.56
	2	94.296	122.622	108.459	7	38.89
	3	122.622	150.948	136.785	0	0.00
	4	150.948	179.274	165.111	0	0.00
	5	179.274	207.6	193.437	1	5.55

Fuente: Elaboración propia.

Del cuadro 36 en promedio los suelos de Cruz Pampa son las que presentan mayor contenido de potasio, mientras que los suelos de Nuevo Rondos presentan menor contenido de potasio.

Cuadro 36. Potasio de los suelos evaluados por localidad.

Localidad	Potasio (ppm)			Promedio
	Bosque Secundario	Café	Cacao	
Cruz Pampa	207.60	120.20	120.95	149.58
Cuyaco	93.33	103.08	65.97	87.46
Nueva Selva Baja	85.21	85.09	83.46	84.59
Santa Rosa de Chacrita	75.47	88.84	107.20	90.50
Palo de Acero	97.83	83.96	85.46	89.08
Nuevo Rondos	106.95	104.45	67.97	93.12
Promedio	111.07	97.60	88.50	

Fuente: Elaboración propia

#### 4.1.12 CIC y CICE de los suelos evaluados

La magnitud del cambio catiónico de la arcilla depende mucho del pH, siendo menor en condiciones ácidas es por ello que sólo la localidad de Cruz Pampa presenta condiciones de cambio catiónico moderado, siendo el mínimo en el suelo de café y el máximo en el suelo de cacao. Por otro lado, la capacidad de retener cationes que real y efectivamente están funcionando en el suelo se presentó solo en cinco localidades donde el 100% de las muestras presentan rango medio de CICE.

En el cuadro 37 se observa que solo la localidad de Cruz Pampa presenta CIC y las cinco restantes presentan CICE, en promedio los suelos de Cruz pampa en promedio presentan 15.44 de CIC, mientras que Nuevo Rondos presentan mayor CICE y los suelos de Santa Rosa de Chacrita poseen menor CICE.



Cuadro 37. CIC y CICE de los suelos evaluados por localidad.

Localidad	CIC y CICE (cmol (+)/kg de suelo)			Promedio
	Bosque Secundario	Café	Cacao	
Cruz Pampa	15.70*	13.96*	16.67*	15.44*
Cuyaco	17.50	15.04	8.42	13.65
Nueva Selva Baja	17.47	16.78	9.12	14.46
Santa Rosa de Chacrita	14.97	10.90	12.47	12.78
Palo de Acero	17.65	15.65	7.74	13.68
Nuevo Rondos	22.01	21.87	11.08	18.32
Promedio	17.92	16.05	9.77	

Fuente: Elaboración propia.

\* = presentan CIC

Cuadro 38. CICE de los suelos evaluados

Variable	Clase	Límite Inferior	Límite Superior	MC	FA	FR (%)
CICE (cmol (+)/kg de suelo)	1	7.740	10.594	9.167	3	20
	2	10.594	13.448	12.021	3	20
	3	13.448	16.302	14.875	3	20
	4	16.302	19.156	17.729	4	27
	5	19.156	22.010	20.583	2	13

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.1.13 Calcio de los suelos evaluados

Del contenido de calcio en el suelo se observa que 12 muestras (67% del total) presentan nivel medio de contenido de calcio, este elemento oscilando desde 4.92(Cmol+)/kg hasta 13.38(Cmol+)/kg)

Cuadro 39. Calcio de los suelos evaluados.

Variable	Clase	Límite Inferior	Límite Superior	MC	FA	FR (%)
Calcio (Cmol+)/kg)	1	4.920	6.612	5.766	5	28
	2	6.612	8.304	7.458	7	39
	3	8.304	9.996	9.150	2	11
	4	9.996	11.688	10.842	2	11
	5	11.688	13.380	12.534	2	11

Fuente: Elaboración propia.

Del cuadro 40 en promedio los suelos de Cruz Pampa son las que presentan mayor contenido de calcio, mientras que los suelos de Nuevo Rondos presentan menor contenido de calcio.

Cuadro 40. Calcio de los suelos evaluados por localidad.

Localidad	Calcio (Cmol(+)/kg)			Promedio
	Bosque secundario	Café	Cacao	
Cruz Pampa	12.54	11.05	13.38	12.32
Cuyaco	7.80	7.42	4.93	6.72
Nueva Selva Baja	10.82	7.38	5.34	7.85
Santa Rosa de Chacrita	7.63	7.75	5.08	6.82
Palo de Acero	8.81	7.69	5.27	7.26
Nuevo Rondos	7.32	8.82	4.92	7.02
Promedio	9.15	8.35	6.49	

Fuente: Elaboración propia.

## 4.2 Descripción de la diversidad de especies de macrofauna

### 4.2.1 Diversidad de macrofauna

De la diversidad de macrofauna se observa que los suelos de bosques secundarios presentan mayor diversidad de especies con 1.72 seguido del suelo de plantas de café 1.71 y por último los suelos de plantas de cacao con 1.69. También se aprecia que en los suelos del bosque secundario se encontró 113 individuos, mientras que en los suelos de café se encontró 80 y en los suelos de cacao 79 y en la figura 4 se parecía que se encontró mayor cantidad de individuos de la orden Haplotaxidas en los suelos de cacao.

Cuadro 41. Diversidad de especies de macrofauna.

Sistema de uso	Índice de Shannon- Wiener (H')	Densidad (ind/ m <sup>2</sup> )
	(nats/individuo)	
Bosque secundario	1.72	301.33
Café	1.71	213.33
Cacao	1.69	210.67

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 42. Cantidad de macrofauna por uso de suelo.

Uso de Suelos	Localidad	Nº de Individuos
Bosque Secundario	Cruz Pampa	31
	Cuyaco	10
	Nueva Selva Baja	12
	Santa Rosa de Chacrita	16
	Palo de Acero	21
	Nuevo Rondos	23
	<b>Suma</b>	<b>113</b>
Café	Cruz Pampa	21
	Cuyaco	11
	Nueva Selva Baja	7
	Santa Rosa de Chacrita	20
	Palo de Acero	13
	Nuevo Rondos	8
	<b>Suma</b>	<b>80</b>
Cacao	Cruz Pampa	19
	Cuyaco	7
	Nueva Selva Baja	5
	Santa Rosa de Chacrita	11
	Palo de Acero	18
	Nuevo Rondos	19
	<b>Suma</b>	<b>79</b>

Fuente: Elaboración propia.

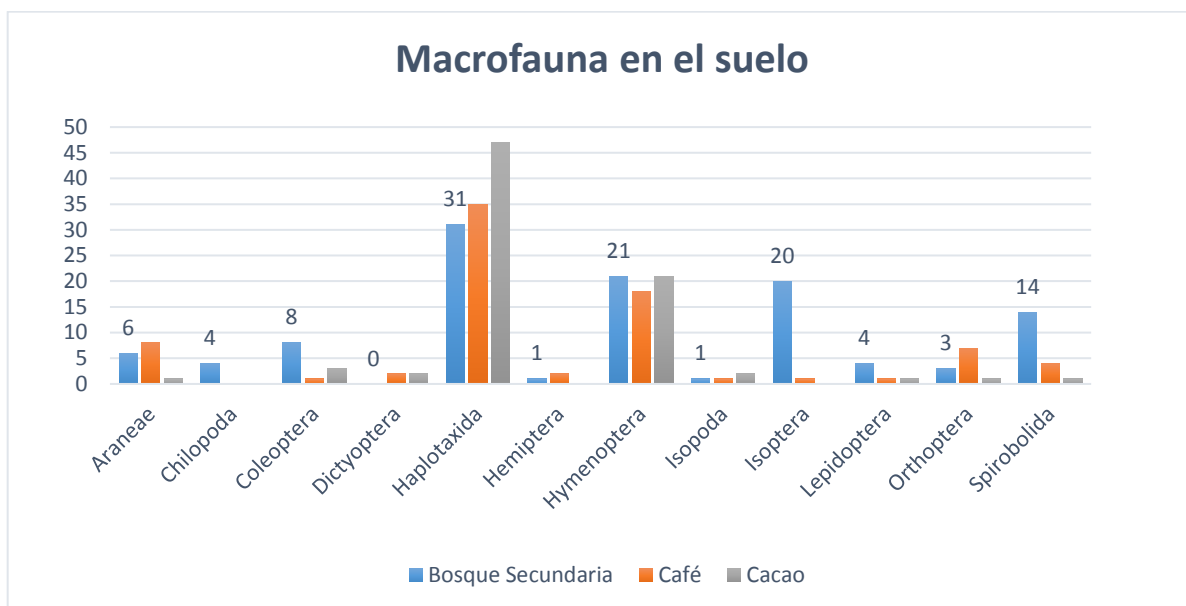


Figura 4. Especies de macrofauna

#### 4.3 Correlación entre la macrofauna y las propiedades físicas y químicas del suelo.

De acuerdo al modelo observado existe una correlación media entre los factores de la macrofauna y las propiedades físicas y químicas del suelo (52.8%)

Cuadro 43. Modelo R.

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típ. de la estimación
1	0.727 <sup>a</sup>	0.528	0.331	5.63086

Fuente: Elaboración propia.

a Variables predictoras: (Constante), K inte, altitud, Ca, K disponible, CIC

Según el modelo matemático  $N_{ind} = 9.485 - 0.001 Y + 0.060 K_{dis} + 0.176 CIC + 0.162 Ca + 2.353 K_{int}$ , el número de individuos está en función del potasio disponible, capacidad de intercambio catiónico, calcio y potasio Intercambiable, donde por cada incremento unitario en estos parámetros, habrá un aumento del número de individuos.

Cuadro 44. ANVA correlación macrofauna y propiedades del suelo.

Coeficientes a						
Modelo	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes tipificados		t	Sig.
	B	Error típ.	Beta			
1 (Constante)	9,485,038	5,873,591			1,615	0,132
Y	-0,001	0,001	-0,353		-1,614	0,132
Kdis	0,060	0,071	0,272		0,836	0,420
CIC	0,176	0,607	0,152		0,290	0,777
Ca	0,162	0,894	0,060		0,181	0,859
Kint	2,353	10,134	0,094		0,232	0,820

Correlación con una significancia  $\alpha=0.05$  y un  $r^2 = 0.99$

Fuente: Elaboración propia

a variable dependiente: N ind

b variable predictorias: (constante), K intercambiable, Y, Ca, K disponible, CIC

Cuadro 45. Correlación de las propiedades y la macrofauna.

Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	425,298	5	85,060	2,683	,075b
	Residual	380,479	12	31,707		
	Total	805,778	17			

Fuente: Elaboración propia

a Variable dependiente: Nind

## V. DISCUSIÓN

### 5.1 De las propiedades físicas y químicas del suelo

#### 5.1.1 Propiedades físicas del suelo

La mayor porosidad en el bosque secundario (Cuadro 20) obedece: al contenido de materia orgánica que ésta contiene (Cuadro 30), es sabido que la materia orgánica favorece a una mejor distribución de poros de diferentes tamaños (KIRKBY *et al.*, 2004) y al contenido de arena (Cuadro 18), cuanto más gruesos son las partículas mayores son los espacios entre ellos (GARCIA, 2005). Tal es el caso de los suelos de cacao que por su ubicación presentan mayor contenido de arena.

La menor densidad aparente en el bosque secundario obedece a: la textura (Cuadro 18) y sobre todo al contenido de materia orgánica (3.90%) (Cuadro 30), cuyos componentes de estos son menos densos que el de los minerales (HERÍQUEZ *et al.*, 1999)

La cobertura vegetal tiene mucha influencia en la temperatura de los suelos, así mientras el suelo se encuentre más descubierto, los minerales estarán más expuesto a los rayos solares, estos absorben mayor calor por ello es que tienen mayor temperatura (CAMAYO, 2011). En tal sentido, lo narrado explica que los suelos de bosque secundario presentan menor temperatura en relación con los otros sistemas de uso de suelos.



### 5.1.2 Propiedades químicas del suelo

El pH de los suelos de bosque secundario (Cuadro 28) es menor que los otros sistemas de uso de suelos, esto obedecería a la mayor cantidad de macrofauna en el suelo mostrados en el cuadro 42. Esta estaría produciendo mayor dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) que con el agua reacciona formando el ácido carbónico ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ), y que al disociarse acidifican el suelo (CERDA, 2008).

En cuanto al nitrógeno, fósforo, potasio CIC los mayores resultados son en los suelos de bosque secundario están relacionadas al contenido de la materia orgánica que modifica las propiedades del suelo conllevando a la mejora de la cantidad y la disponibilidad de nutrientes. Además, los residuos vegetales contienen nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca) y magnesio (Mg) y en pequeñas cantidades el azufre (S) y microelementos, estos nutrientes son muy importantes desde el punto de vista del manejo de la fertilidad del suelo. (FAO, 2005). Asimismo, el mayor contenido de fósforo de los suelos de café obedecería al pH del suelo que en cantidades cercanas a la neutralidad evitarían la fijación de fósforo, por lo tanto, incrementa el fósforo disponible. (CERDA, 2008)

Además, las excretas de las lombrices estarían incrementando los elementos nutritivos, ya que estos aumentan de 3 a 11 veces el contenido de fósforo, potasio y magnesio en forma disponible en el suelo, así como de 5 a 10 veces el calcio (KOLMANS-VÁSQUEZ, 1996).

## **5.2 De la macrofauna del suelo.**

La mayor cantidad de macrofauna en los suelos de bosque secundario obedecería a la cobertura vegetal, que proporcionan mayor biomasa para la macrofauna que promueve la actividad de los cuerpos de ingenieros del ecosistema (BARROS *et al.*, 2003). En los otros sistemas de uso de suelos la menor cantidad de la macrofauna, obedecería al efecto de la aplicación de insumos químicos como herbicidas y fungicidas que contrarrestan la cantidad de macrofauna.

Agregamos que “cada especie y grupo de macrofauna existen donde pueden encontrar un suministro apropiado de alimentos, espacio, nutrientes y humedad. Esas condiciones ocurren dondequiera que esté presente la materia orgánica; por lo tanto, los organismos del suelo están concentrados alrededor de las raíces, en los residuos, en el humus, en la superficie de los agregados del suelo y en los espacios entre esos agregados. Por esta razón, son más abundantes en las áreas forestales y en los sistemas de cultivos que dejan una gran cantidad de biomasa sobre la superficie del suelo, ya que la preparación del terreno, el cultivo y la adición de materia orgánica, causando efectos beneficiosos o perjudiciales para la fauna epigea” (ALVES *et al.*, 2006) afirmación que ayuda a sustentar nuestros resultados.

## **5.3 Correlación de las propiedades del suelo y la macrofauna**

La relación de la cantidad de individuos expresada por la altitud estaría ratificando la teoría que a mayor altitud menor individuos (ROZEN *et al.*, 2013).

Además, la cantidad de nutrientes también influyen en la cantidad de individuos, obedeciendo a lo siguiente: textura (Cuadro 18), contenido de materia orgánica (Cuadro 30), cantidad de nutrientes en especial el contenido de potasio (Cuadro 36) y la CIC (Cuadro 37); Todos ellos aportan en acondicionar el suelo para la cantidad y actividad de macrofauna.

En relación a la capacidad de intercambio catiónico es una propiedad importante del suelo, los cationes cambiabiles influyen en la estructura en la actividad biológica, en el régimen hídrico y gaseoso y en los procesos genéticos del suelo y su formación, es por ello la relación directa con la macrofauna (LLONTOP, 2015)

## VI. CONCLUSIÓN

1. Las propiedades del suelo en los diferentes sistemas de uso de tierras en diferentes localidades del distrito de Monzón influyeron en la cantidad de macrofauna.
2. Las propiedades físicas del suelo son diferentes, así la textura varió de textura franco a textura arcillosas, porosidad desde 43.40% a 75.85%, densidad aparente desde 0.64 g/cm<sup>3</sup> a 1.50g/cm<sup>3</sup>, temperatura desde 21.80°C a 36.0°C y pendiente desde 5% a 51%.
3. Las propiedades químicas del suelo fueron diferentes, así el pH se ve limitada por la acidez de los suelos con valores de 3.77 a 6.94, de bajos a altos contenidos de materia orgánica (1.96% a 8.37%), nitrógeno desde 0.09 % a 0.38%, fósforo de 0.47ppm a 9.82ppm, potasio 65.97ppm desde a 207ppm, ClCe desde 7.74 cmol (+)/kg a 22.1 cmol (+)/kg, ClC desde 13.96 cmol (+)/kg a 16.67 cmol (+)/kg., calcio desde 4.92 cmol (+)/kg a 13.38 cmol (+)/kg.
4. La diversidad de macrofauna en el sistema de uso de suelos de bosque secundario fue  $H' = 1.72 \text{ nats/ind}$ , para café  $H' = 1.71 \text{ nats/ind}$  y para cacao  $H' = 1.69 \text{ nats/ind}$ .

5. El modelo matemático que explica la correlación entre las propiedades del suelo y la macrofauna es:  $N_{ind} = 9.485 - 0.001 Y + 0.060 K_{dis} + 0.176 CIC + 0.162 Ca + 2.353 K_{int}$ .

## **VII. RECOMENDACIONES**

- 7.1 Es necesario continuar con la investigación, sobre los efectos de las propiedades fisicoquímicas y biológicas del suelo con la macrofauna, considerando otros factores de propiedades del suelo y en otros usos de suelos.
- 7.2 Repetir la investigación en diferentes épocas: seca y húmeda.
- 7.3 Investigar sobre biodiversidad de la zona en estudio.

## VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ACEVEDO, 2005. Criterios de calidad de suelo agrícola. [En línea]:  
[[http://soils.usda.gov/sqi/soil\\_quality/what\\_is/](http://soils.usda.gov/sqi/soil_quality/what_is/), Informe, 30 mayo. 2017].
- AGUILERA, N. 1989. Tratado de Edafología de México, Tomo I. Facultad de Ciencias Universidad Nacional Autónoma de México. 143 p.
- ALVES, M.V., BARETTA, D. & CARDOSO, E.B.J. 2006. Fauna edáfica En diferentes sistemas de cultivo no estado de Sao Paulo. R. Ci. Agrov., 5:31-41p.
- APONTE, A. 2015. Macrofauna del suelo en tres sistemas de uso de la tierra en la provincia Mariscal Caceres, Distrito de Juanjui- sector Cayena, Perú. 79 p.
- BARETTA, D., BROWN, G.G., JAMES, S.W. & CARDOSO, E.J.B.N. 2007. Earthworm populations sampled using collection methods in Atlantic Forests with *Araucaria angustifolia*. Sci. Agric., 64:384-392 p.
- BARROS, E., NEVES, A., BLANCHART, E., FERNANDES, E.C.M., WANDELLI, E., LAVELLE, P. 2003. Development of the soil macrofauna community under silvopastoral and agrosilvicultural systems in Amazonia. Pedobiologia, v.47, p.273-280 p.

- BAUTISTA, D; 2004. Efecto del destore en el racimo de banano variedad Gran Williams y su insidencia en la produccion. Ecuador. Tesis Ing. Agropecuario. 79 p.
- BROWN, G., FRAGOSO, C., BAROIS, 1., ROJAS, P., RODRIGEZ, C. 2000. Diversidad y rol funcional de la macrofauna edáfica en los ecosistemas tropicales mexicanos. Departamento de biología de suelos, instituto de ecología. Xalapa, México. 31p.
- BURGES, A. 1971. Biología del suelo. Edil. Ediciones Omega. S.A. Barcelona, España.
- BUSCHIAZZO, D.E., PANIGATTI, J.L., UNGER, P.W. 1998. Tillage effects on soil properties and crop production in the subhumid and semiarid Argentinean Pampas. Soil Till. Res. 49: 105-116.
- CARDENAS, P. 2008. Determinación de la mesofauna del suelo bajo diferentes coberturas en Tingo María. Tesis Ing. Recursos Naturales Renovables. Tingo María, Perú. 72 p.
- CAMAYO, E. 2011. Cuantificación de la macrofauna en relación con las propiedades de los suelos residuales de la laguna de los milagros – Aucayacu, Perú 92p.
- CASAS, R. 1983. La degradación de los suelos y expresión de la Frontera Agropecuaria en el Parque Chaqueño Occidental. Séptima reunión Nacional para el estudio de las regiones áridas y semiáridas. IDIA N° 36 San Luis, Buenos Aires 146 p.



- CERDA, R. 2008. Calidad de suelos en plantaciones de cacao (*Theobroma cacao*), banano (*Musa AAA*) y plátano (*Musa AAB*) en el valle de Talamanca, Costa Rica 66p
- CHEN, Z. 2000. Relationship between heavy metal concentrations in soils of Taiwan and uptake by crops.
- CORREIA, M.E.F. & OLIVEIRA, L.C.M. 2000. Fauna de solo: Aspectos gerais e metodológicos. Seropédica, Embrapa Agrobiologia. 46p.
- COYNE, M. 2000. Microbiología del Suelo: un enfoque exploratorio. Edit. Parafino. España. 263 pág.
- DE AGUIAR, M. 2008. Qualidade física do solo em sistemas agroflorestais. Universidade Federal de Viçosa. Minas Gerais – Brasil.
- DÍAZ, M., DUARTE, G.A., GROVE, J.H. 2002. A review of no-till systems and soil management for sustainable crop production in the subhumid and semiarid Pampas of Argentina. *Soil Till. Res.* 65: 1-18.
- DORAN, J; LINCOLN, N. 1999. Guía para la evaluación de la calidad del suelo. [En línea]: USDA (<http://soils.usda.gov/sqi>, Documento, 23 Mayo. 2017).
- DORAN, J.W., ZEISS, M.R. 2000. Soil quality response to long-term nutrient and crop management on a semi-arid Inceptisol. *Appl. Soil Ecol.* 15: 3- 11.
- DUICELA, L., CORRAL, R. 2004. Caficultura orgánica. Consejo Cafetalero Nacional (Conefac) – Programa de Modernización de los servicios Agropecuarios (PROMSA). Primera Edición. 55 pág

- ESTRADA E., G. 1990. Elementos secundarios: Calcio, Magnesio, Azufre, fundamentos e interpretación del análisis químico. En: Fundamentos para la interpretación de análisis de suelos, plantas y aguas para riego. Memorias del seminario – taller. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo, comité regional de Cundinamarca y Boyacá. pp. 197- 209.
- FAO 2005. The importance of soil organic matter [En línea]: (<http://www.fao.org/docrep/009/a0100e/a0100e04.htm#TopOfPage>, 25 Agost 2018)
- FAO 2013. Propuesta de Pucallpa sobre el desarrollo sostenible del Bosque Secundario en América Tropical. [En línea]: (<http://edepot.wur.nl/144687>, 10 Agost 2018)
- FAO 2015. Suelos y biodiversidad. Los suelos albergan una cuarta parte de LA biodiversidad de nuestro planeta. [En línea]: ([http://www.fao.org/fileadmin/user\\_upload/soils2015/images/ESEs\\_IYS\\_food\\_Print.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/soils2015/images/ESEs_IYS_food_Print.pdf), 10 Agost 2018)
- FASSBENDER H., W. 1975. Química de suelos, con énfasis en suelos de América Latina. IICA. San José, Costa Rica.
- FRANZLUEBBERS, A.; GW LANGDALE & HH SCHOMBERG. 1999. Soil carbon, nitrogen, and aggregation in response to type and frequency of tillage. Soil Sci. Soc. Am. J. 63: 349-355.

- GARCIA, A. 2005. Propiedades del suelo. Propiedades físicas. Porosidad. [En Línea]:(<https://www.eweb.unex.es/eweb/edafo/ECAP/ECAL5PFPorosidad.htm>, Documentos, 15 Dic. 2018)
- GARCIA, M. 2003. Estudio edafológico. [En Línea]:(<http://edafologia.usda.gov/sqi/assessment/files/kitSpanicsh.pdf>, Documentos, 11 May. 2018).
- ICT. 2004. Manejo y transferencia de tecnología del cacao en el Perú. 1era Edición. Chiclayo, Perú. 387 pág.
- ISLA, E 2009. Propuesta para el manejo de cacao orgánico [En Línea]:([http://www.conservation.org/global/peru/publicaciones/Documents/Propuesta\\_de\\_manejo\\_de\\_cafe\\_organico.pdf](http://www.conservation.org/global/peru/publicaciones/Documents/Propuesta_de_manejo_de_cafe_organico.pdf), Documentos, 09 May. 2017).
- JENNY, H. 1941. Factors of soil formation. McGraw-Hill, New York, USA.
- KASS, C. 1998. Fertilidad de suelos. Euned, San José Costa Rica. 232 p.
- KIRKBY, M; POWLSON, D. 2004. Introduction: linkages and research priorities. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 104:245-247.
- KOLMANS, E. & VÁSQUEZ, D. 1996. Manual de agricultura ecológica. MAELASIMAS, Nicaragua. 222 p.
- LAVELLE, P., BLANCHART, E., MARTIN, A., SPAIN, A.V. & MARTIN, S. 1992. The impact of soil fauna on the properties of soils in the humid tropics. In:

- SANCHEZ, P.A. & LAL, R., eds. Myths and science of soils of the tropics. Madison, Soils Science Society of America, p.157-185.
- LLONTOP, V. 2015. Propiedades químicas, físicas y biológicas en cuatro sistemas de uso de suelo en la localidad de Cayena, departamento San Martín 111p.
- MARIN, E.P., FEIJO, M.A. 2003. Efecto de la labranza sobre los macroinvertebrados del suelo en Vertisoles de un área de Colombia. Londrina, Embrapa soja. 237 p.
- MONTE, J. 1966. Estudio comparativo de crecimiento e nutricional mineral de plántulas de Cacaueiro (*Theobroma cacao*) e Seringueira (*Hevea brasiliensis*). CEPEC. Informe Técnico. 29 pág.
- MWANGI, M., MUGENDI, D.N., KUNG'U, J. B., SWIFT, M.J., ALBRECHT, A. 2004. Soil Invertebrate Macrofauna Composition within Agroforestry and Forested Ecosystems and their Role in litter Decomposition in Ambu, Kenya. 466 p.
- ÑIQUE, M. 2010. Biodiversidad: Clasificación y Cuantificación. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María, Perú. 18p.
- ODUM, E. 1983. Ecología. 3ra Edic. Edit. Nueva editorial Interamericana, S.A. México, D.F.
- OLIVEROS, M, 2011. Cultivo de Café [En Línea] (<http://cultivocafe.blogspot.pe/2011/08/requerimientos-del-cafe.html>, 10 Agos. 2018)

- PASHANASI, B. 2001. Estudio cuantitativo de la macrofauna del suelo en diferentes sistemas de uso de la tierra en la Amazonia Peruana, IIAP, Perú. 16 p.
- PARR, J., PAPENDICK, R., HORNICK, S., MEYER, R. 1992. Soil quality: attributes and relationships to alternative and sustainable agriculture. *American J. of Alternative Agriculture* 7: 5- 11.
- RAMIREZ, R. 1997. Propiedades físicas químicas y biológicas de los suelos. Primera edición. Editorial Produmedios. Santafé de Bogotá 23 p.
- RAMIREZ, TRUJILLO, A. 2003. Ecología Aplicada. Fundación Universidad de Bogotá. Santa Fe de Bogotá, Colombia. 325p.
- RODRIGUEZ, N. 1992. Historia y origen del cacao. (Ecofisiología del cacao). Departamento de Agronomía de Café y Cacao, Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. Maracay - Venezuela.
- ROZEN A., MYSŁAJEK R., SOBCZYK Ł. 2013. Altitude versus vegetation as the factors influencing the diversity and abundance of earthworms and other soil macrofauna in montane habitat (Silesian Beskid Mts, Western Carpatians). 156p.
- SALINAS-GARCÍA, J.R., HONS, F.M., MATOCHA, J.E. 1997. Long-term effects of tillage and fertilization on soil organic matter dynamics. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 61: 152-159.
- SILVA, A. 2000. La materia orgánica del suelo. Notas. Técnicas N° 16. Facultad de Agronomía. Uruguay. 1992. 16p.

- TAPIA C. 2004. Macro-invertebrados do solo e estoques de carbono e nutrientes em diferentes tipos de vegetacao de terra firme na Amazonia peruana. Tesis de Doctorado. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazonia - INPA. Universidade Federal do Amazonas- UFAM. Manaus, Brasil. 154 p.
- USDA, 1999. Guía para la evaluación de localidat y salud del suelo. [En Línea]: FAO, (<http://soils.usda.gov/sqi/assessment/files/KitSpanish.pdf>.1, 28 mayo. 2018)
- VARGAS, Y., VALDIVIA, L.A., ANTEPARRA, M., POCOMUCHA, V. 2002. Evaluación de leguminosas rastreras mejoradoras de las condiciones del Suelos Degradados en Selva Alta – Tingo María. UNAS. 11 p.
- WELLINTON, J. 1995. Abundancia, Distribuicao Vertical e Fenologia da fauna de arthropoda de uma região de agua mista, próxima de Manaus, am. Brasil.

## **ANEXOS**

Figura 5. Mapa de textura de los suelos evaluados.

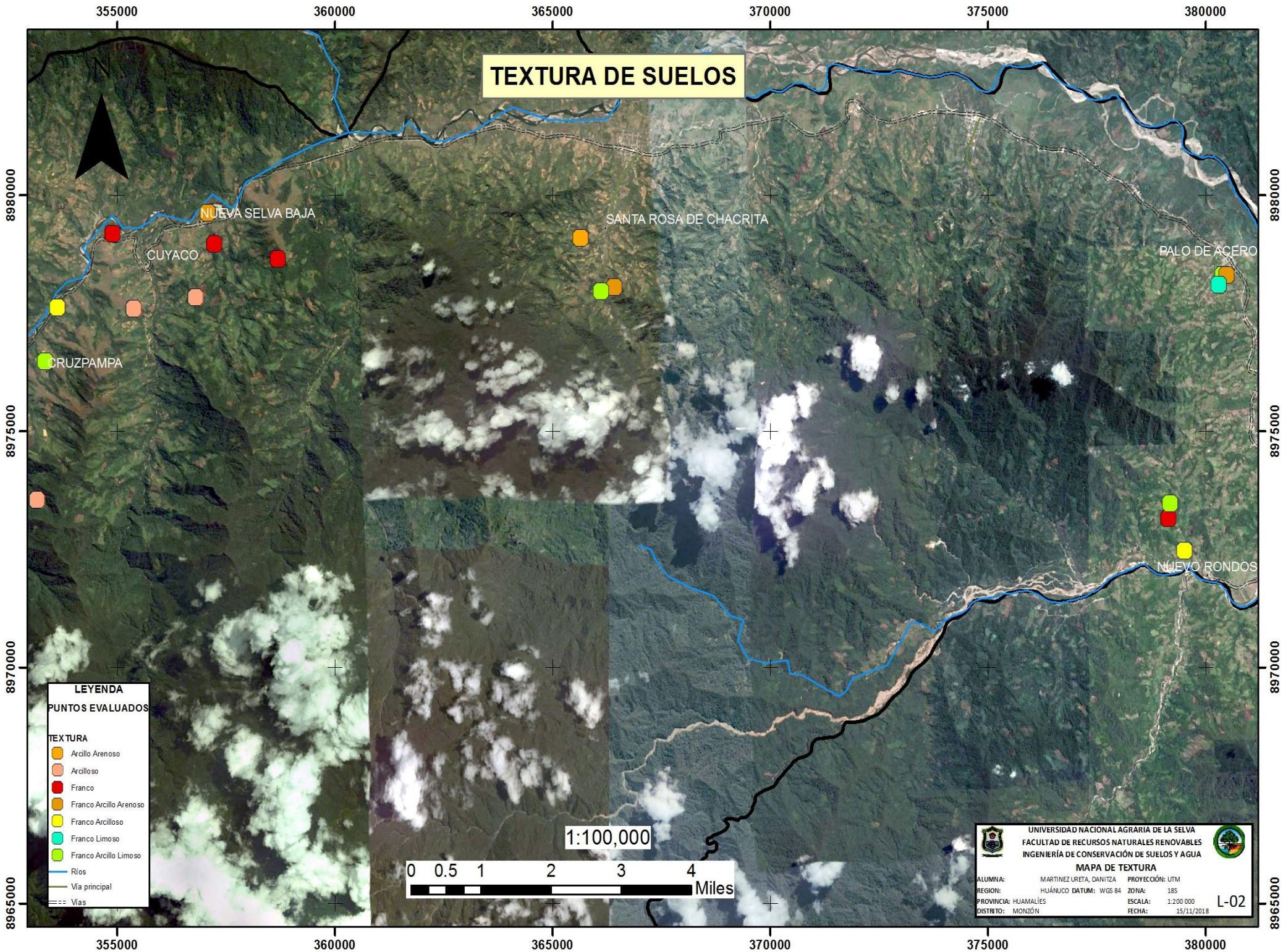




Figura 6. Densidad aparente de los suelos evaluados.

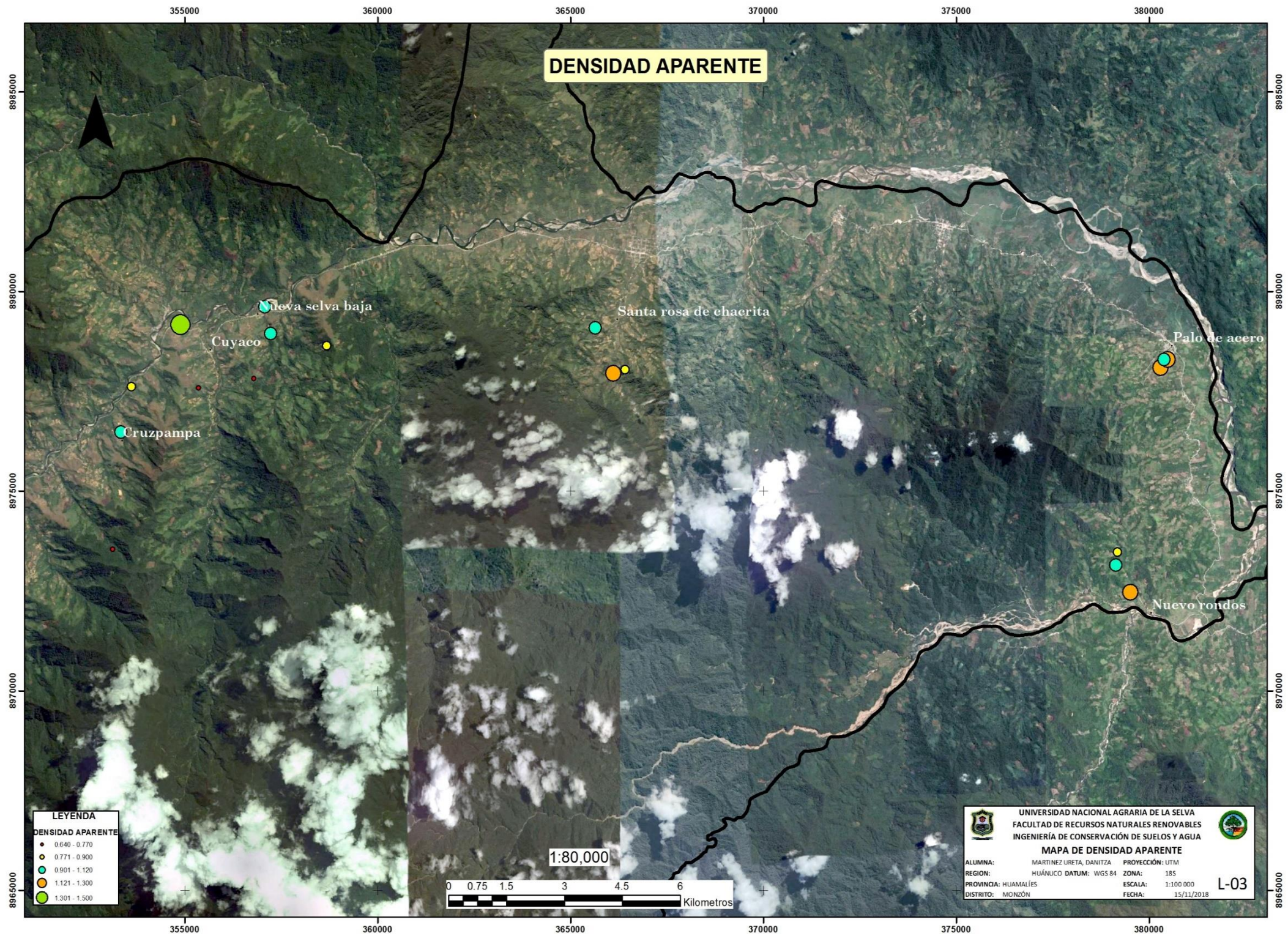


Figura 7. pH de los suelos evaluados.

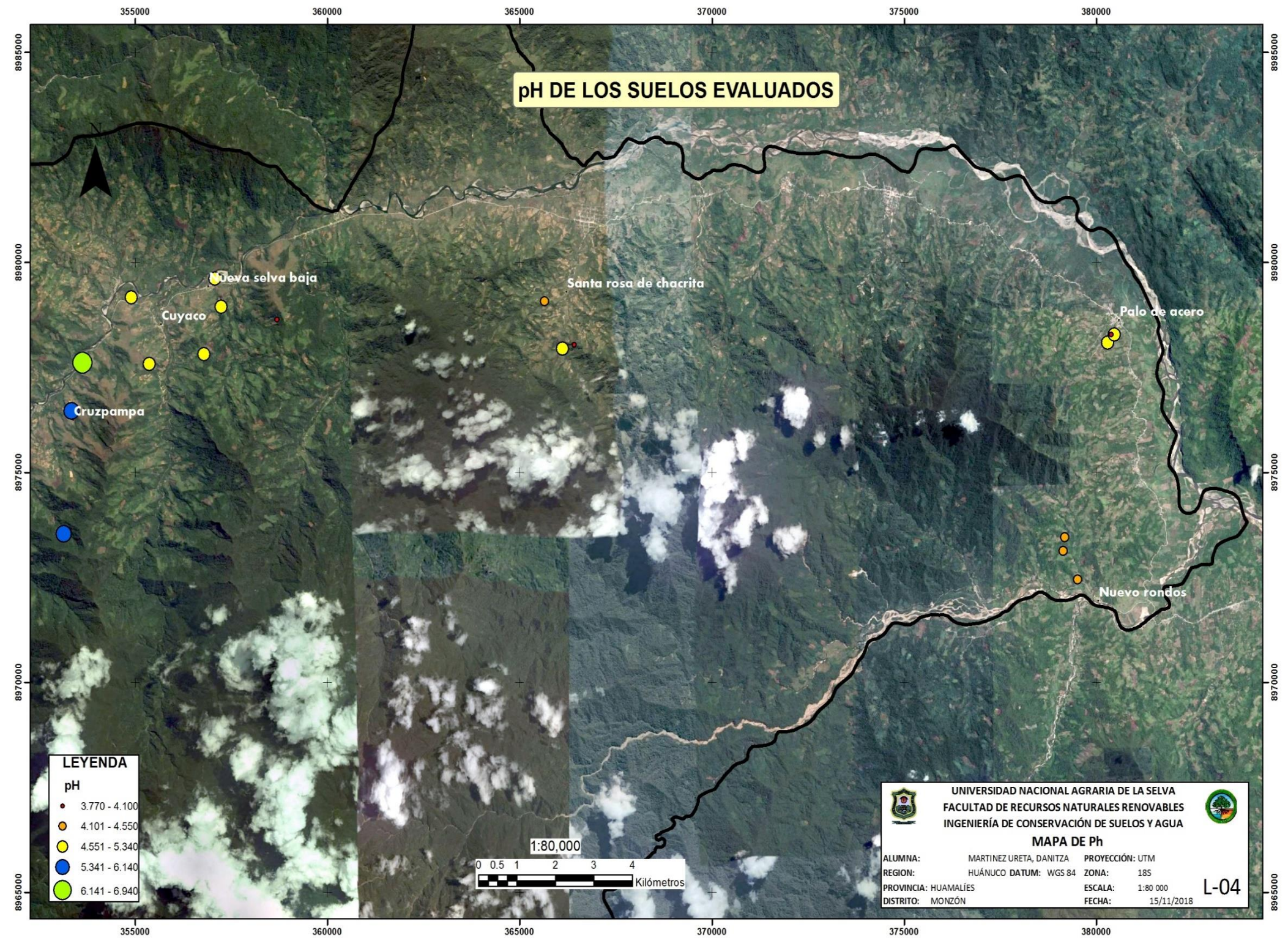


Figura 8. Materia orgánica de los suelos evaluados.

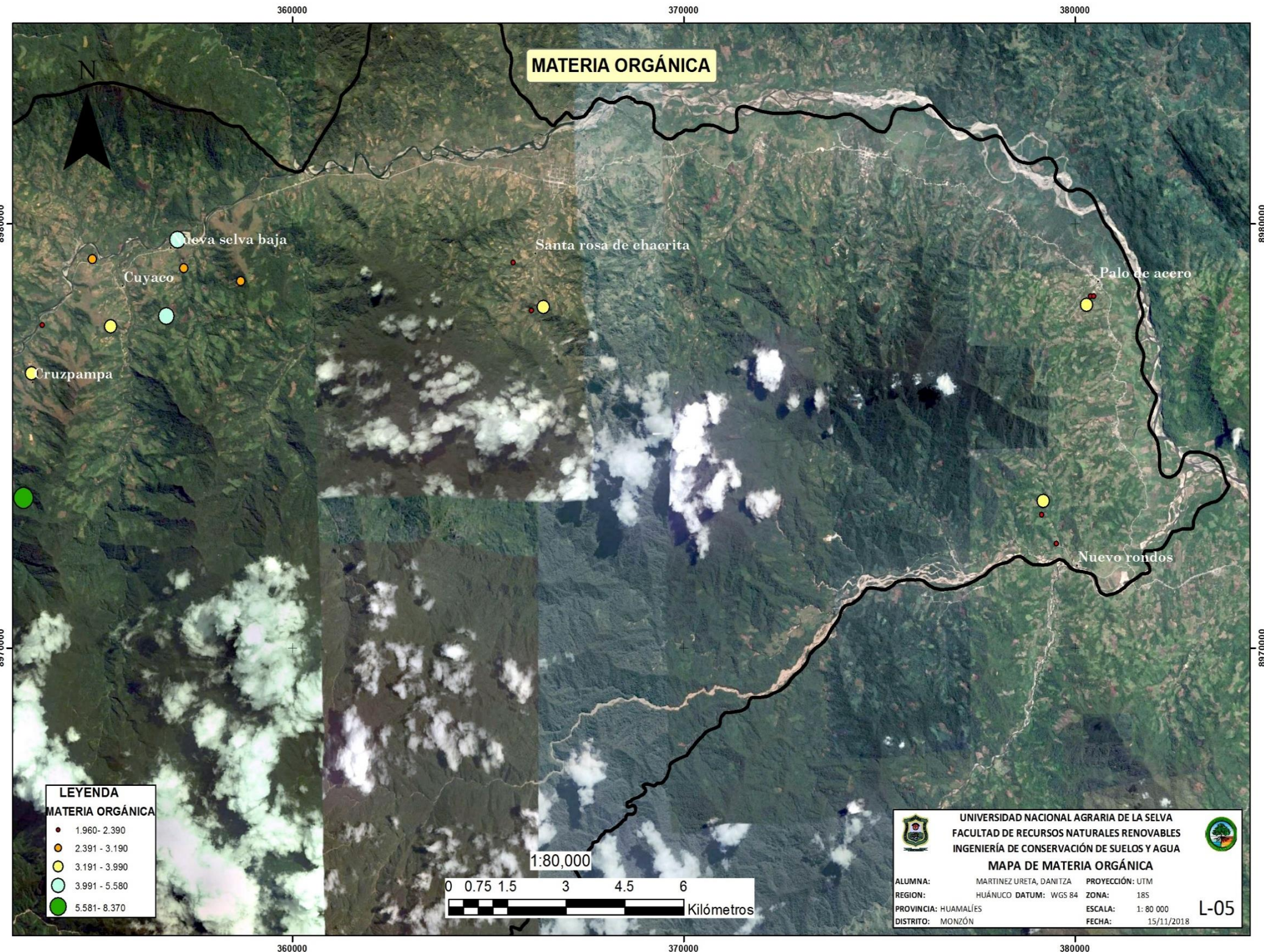


Figura 9. Nitrógeno de los suelos evaluado.

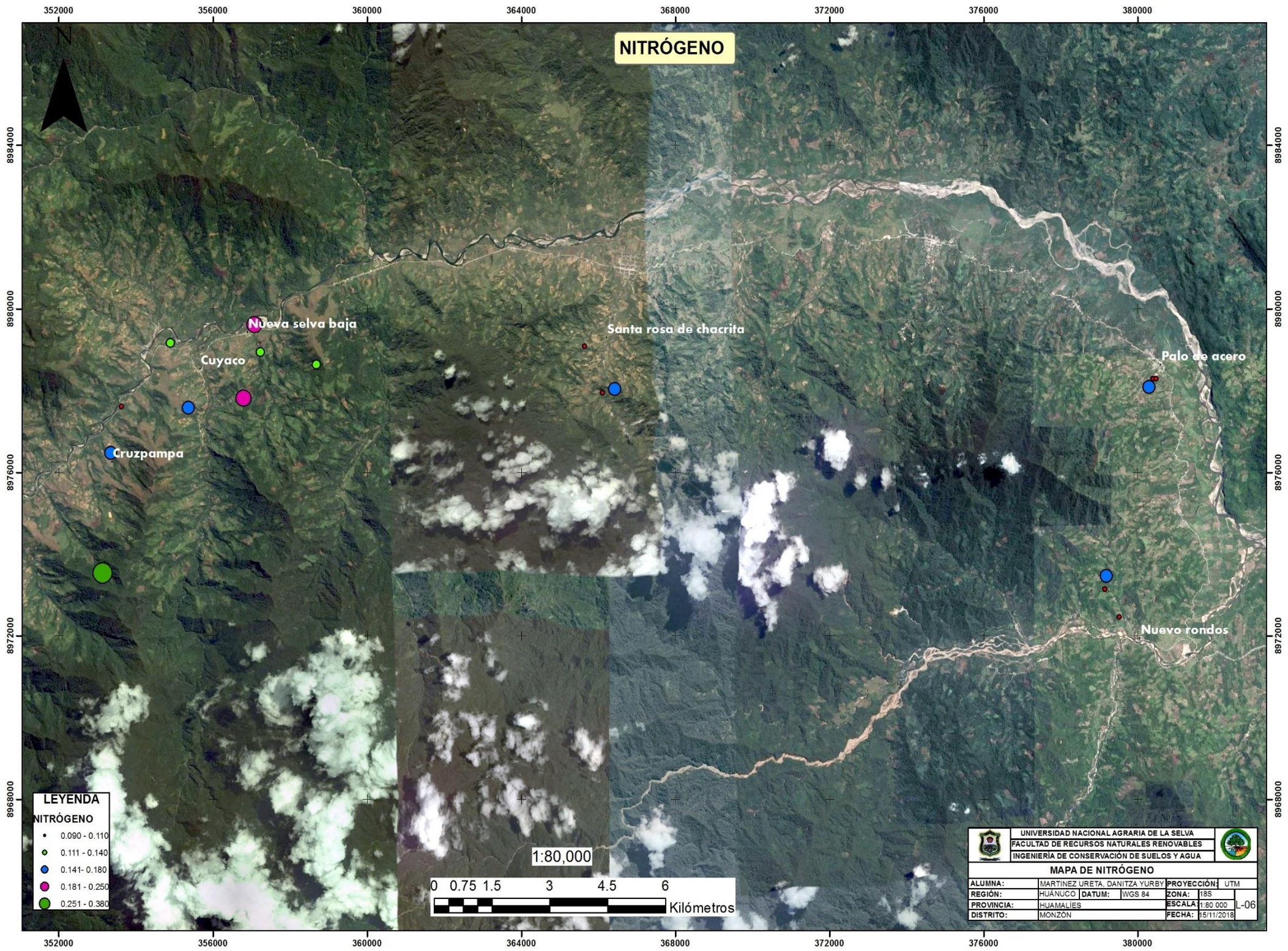


Figura 10. Fósforo en los suelos evaluados.

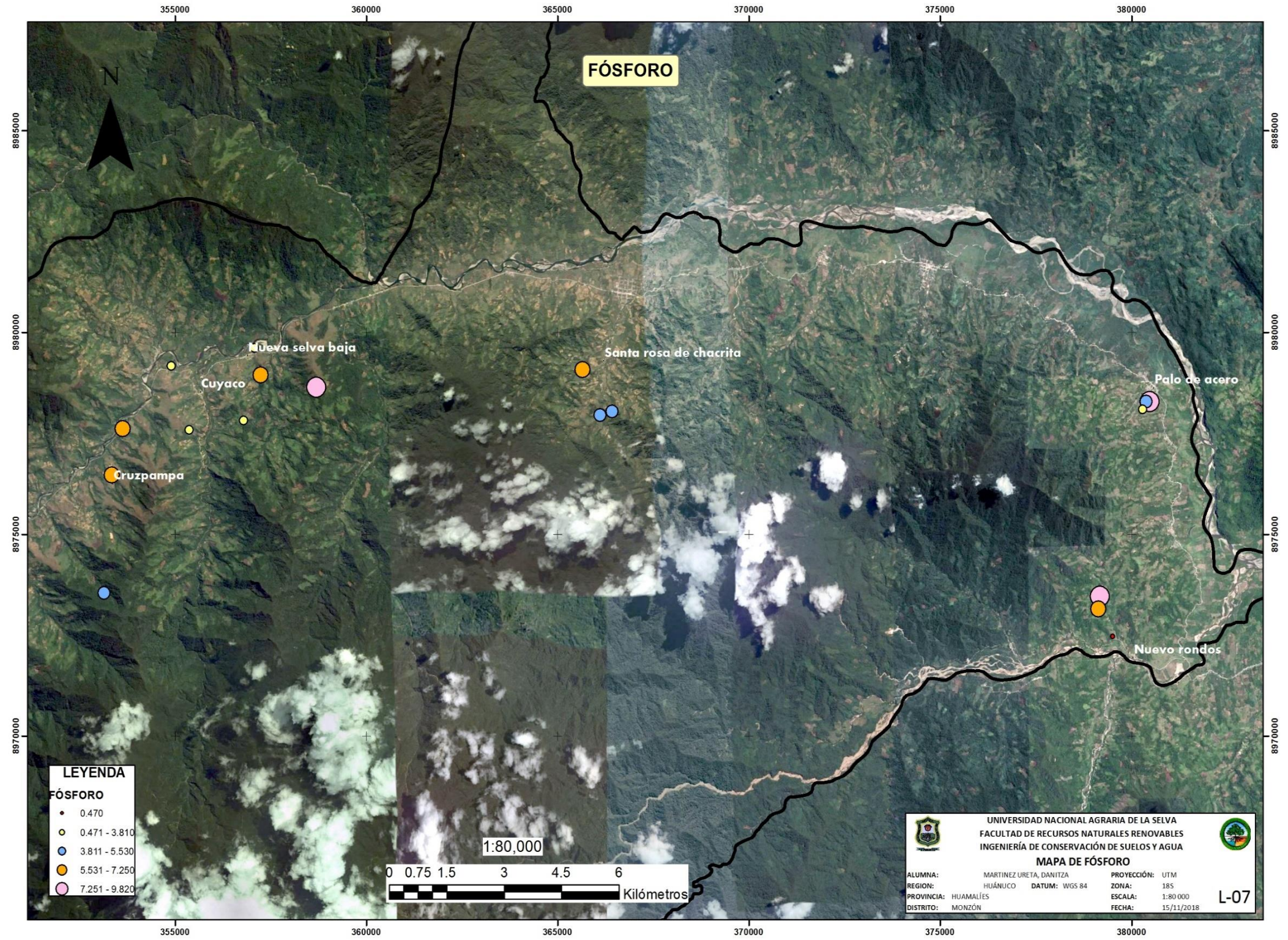


Figura 11. Potasio de los suelos evaluados.

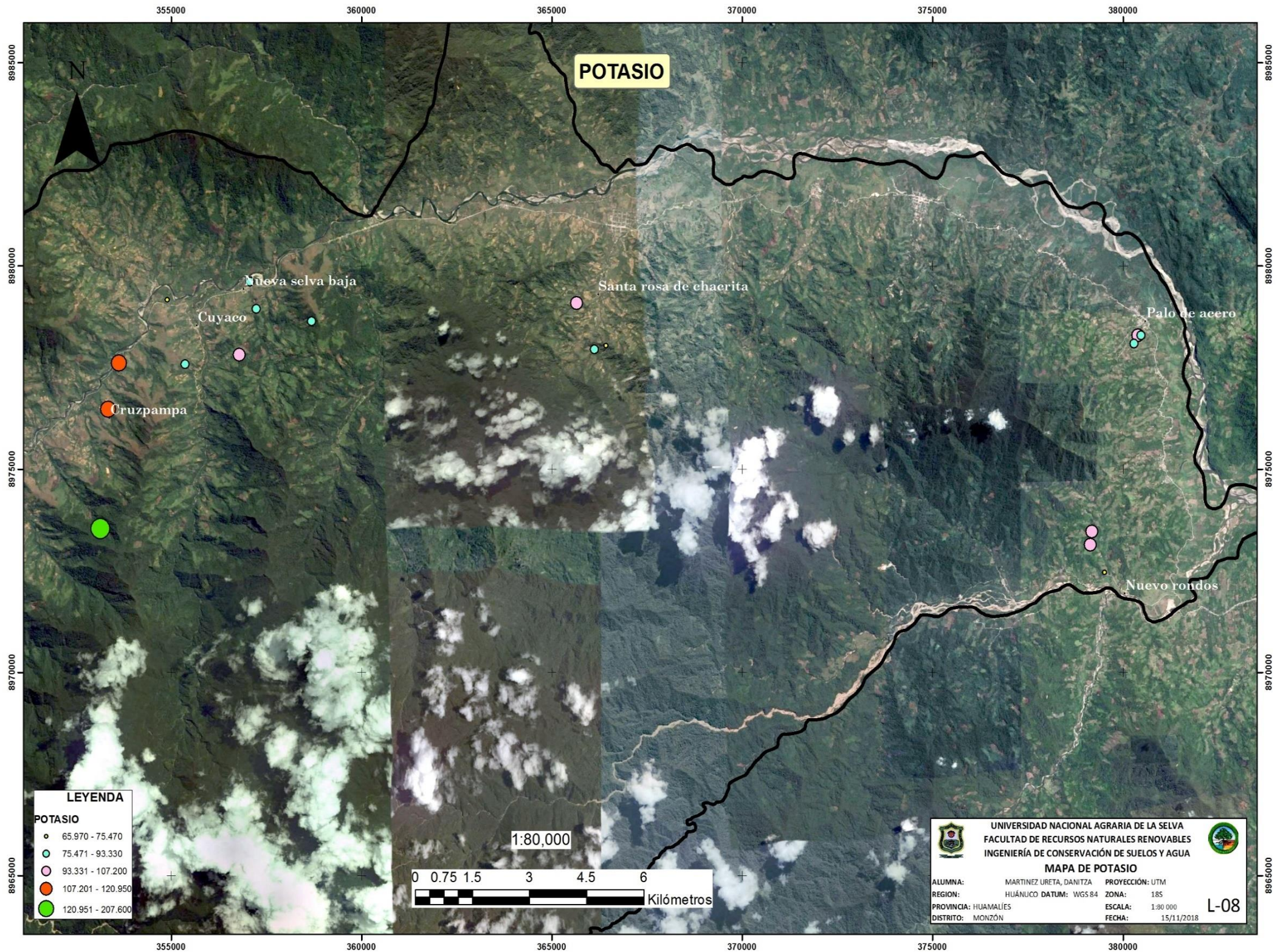


Figura 12. CIC y CICE de los suelos evaluados.

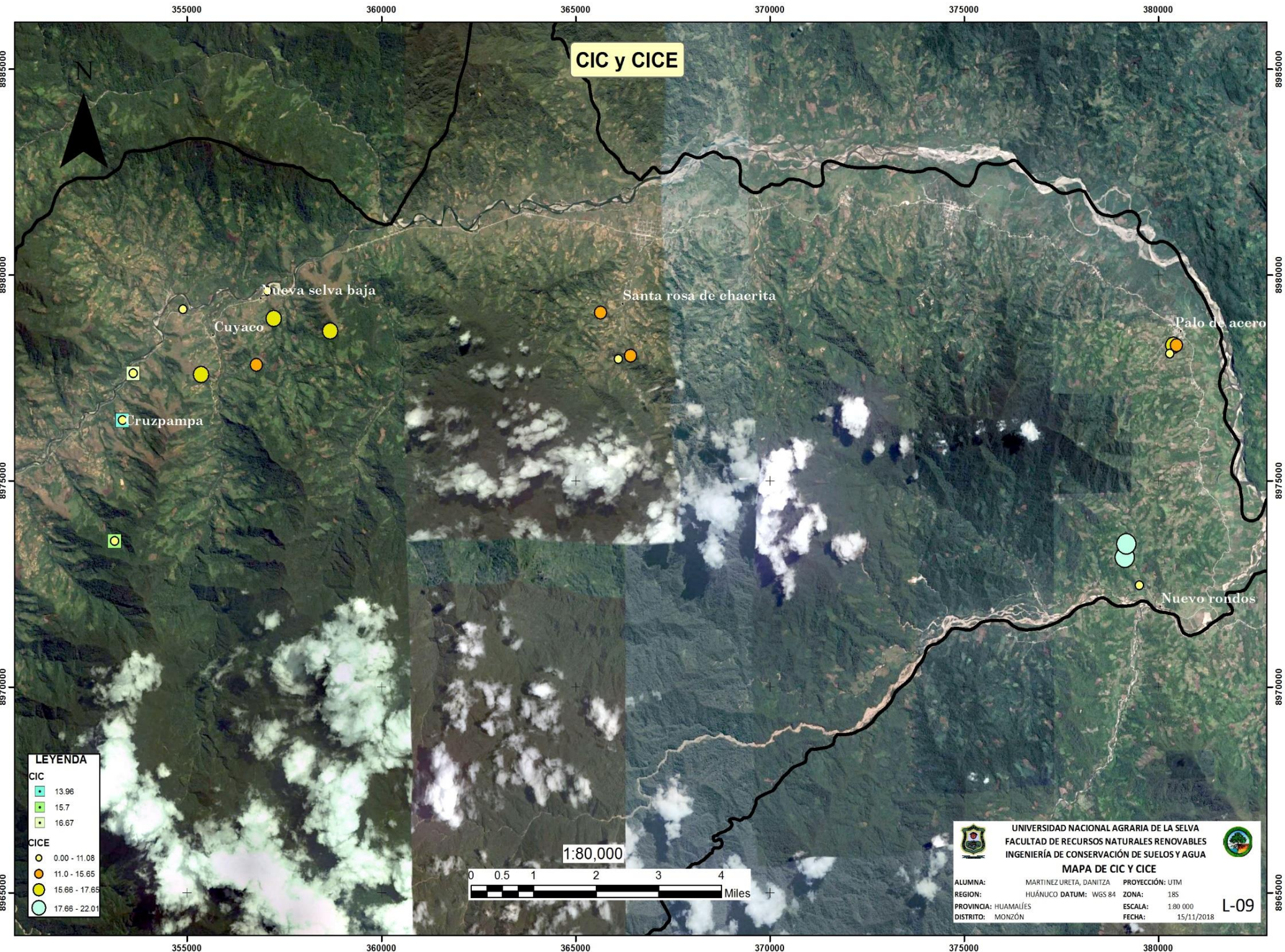


Figura 13. Mapa de cantidad de macrofauna en los suelos.

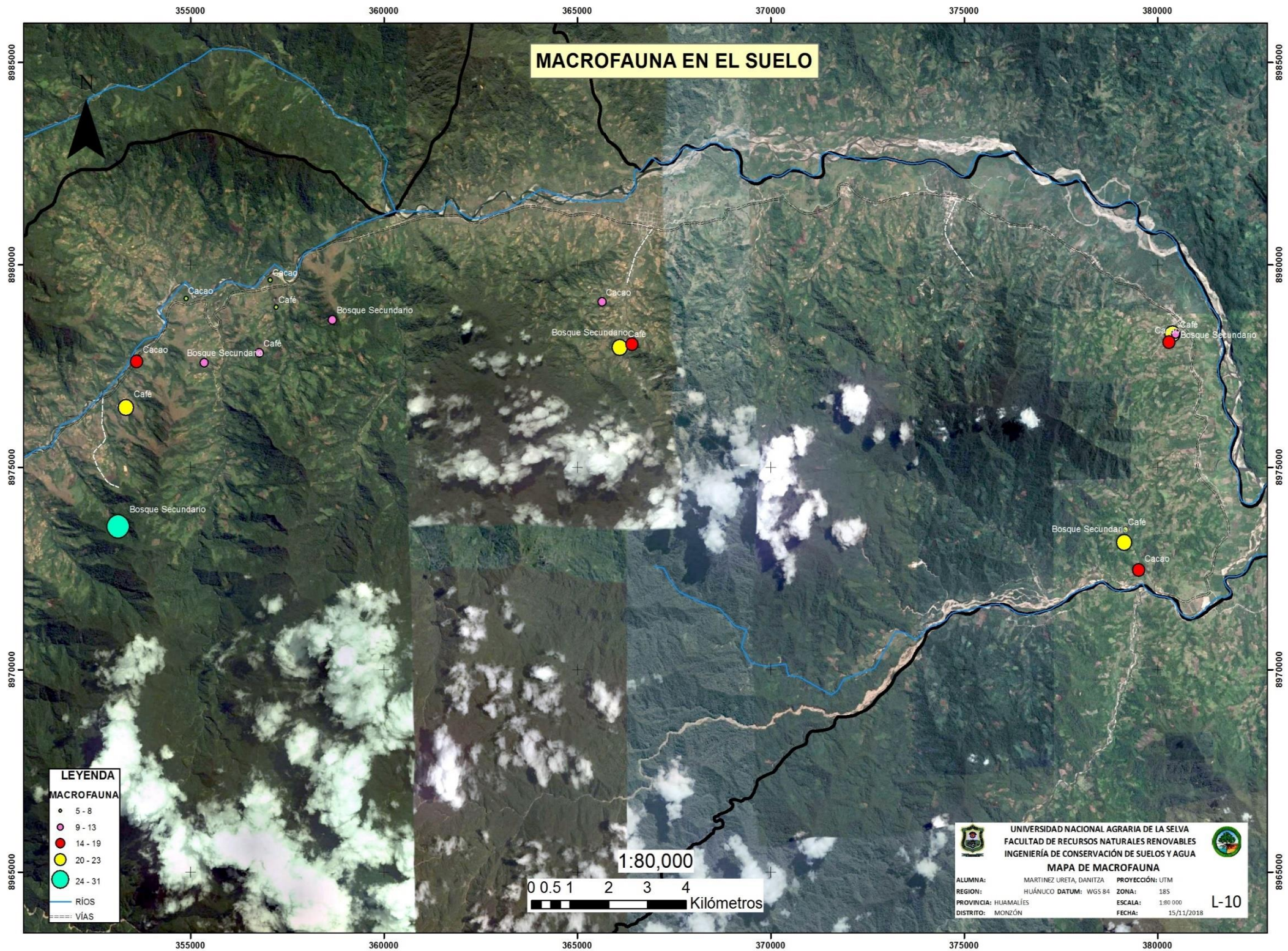






Figura 14. Tomando las coordenadas de la zona de muestreo.



Figura 15. Muestreando macrofauna.



Figura 16. Identificación de macrofauna en un bosque.



Figura 17. Identificación de macrofauna de un sistema de uso de suelos de cacao.



Figura 18. Tomando la pendiente del bosque secundario en Cruz Pampa.



Figura 19. Parcela de café en Cruz Pampa.



Figura 20. Parcela de cacao en Cruz Pampa.



Figura 21. Parcela de café en Cuyaco.



Figura 22. Parcela de cacao en Cuyaco.



Figura 23. Bosque secundario en Nueva Selva.



Figura 24. Parcela de café en Nueva Selva.



Figura 25. Parcela de cacao en Nueva Selva.



Figura 26. Bosque secundario en Santa Rosa de Chacrita.



Figura 27. Parcela de café en Santa Rosa de Chacrita.



Figura 28. Parcela de cacao en Santa Rosa de Chacrita.



Figura 29. Bosque secundario en Palo de Acero.





Figura 30. Parcela de café en Palo de Acero.



Figura 31. Parcela de cacao en Palo de Acero.



Figura 32. Bosque secundario en Nuevo Rondos.



Figura 33. Parcela de café en Nuevo Rondos.



Figura 34. Parcela de cacao en Nuevo Rondos.



Figura 35. Secando los suelos para su análisis físico químico.



Figura 36. Determinando pH del suelo.



Figura 37. Análisis textural del suelo método Bouyoucos.



Figura 38. Análisis de fósforo disponible de las muestras seleccionadas.



Figura 39. Análisis de Aluminio - Hidrogeno.



Figura 40. Análisis de materia orgánica del suelo.



Figura 41. Identificación de ordenes de la macrofauna.

Figura 42. Mapa de ubicación.

