

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
LA MOLINA**

**ESCUELA DE POSGRADO  
MAESTRÍA EN SUELOS**



**GÉNESIS, MORFOLOGÍA, CLASIFICACIÓN Y  
SUSCEPTIBILIDAD DE SUELOS DE LA PARTE MEDIA DE LA  
CUENCA DEL RÍO ABUJAO REGIÓN UCAYALI**

**Presentada por:  
EUCLIDES RAÚL RAMÍREZ ZUMAETA**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE  
MAGISTER SCIENTIAE EN SUELOS**

**Lima - Perú**

**2016**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
LA MOLINA**

**ESCUELA DE POSGRADO  
MAESTRÍA EN SUELOS**

**“GÉNESIS, MORFOLOGÍA, CLASIFICACIÓN Y  
SUSCEPTIBILIDAD DE SUELOS DE LA PARTE MEDIA DE LA  
CUENCA DEL RÍO ABUJAO REGIÓN UCAYALI”**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE  
MAGISTER SCIENTIAE**

**Presentada por:**

**EUCLIDES RAÚL RAMÍREZ ZUMAETA**

**Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:**

Dr. Néstor Montalvo Arquíñigo  
**PRESIDENTE**

Mg.Sc. Manuel Valencia Ramos  
**PATROCINADOR**

Mg.Sc. Julio Nazario Ríos  
**MIEMBRO**

Mg.Sc. Rubén Bazán Tapia  
**MIEMBRO**

## **Dedicatoria**

A mis queridos padres Elia Zumaeta y  
Policarpo Ramírez por darme las fuerzas,  
el apoyo e inculcarme la perseverancia y la  
honradez que guía mi camino.

## **AGRADECIMIENTO**

A los docentes de la Universidad Nacional Agraria La Molina de la Especialidad de Suelos de la Escuela de Post-Grado por sus valiosos conocimientos inculcados para fortalecer mis bases académicas durante mi formación en esta alma mater.

Al Laboratorio de Física de la Facultad de Ciencias Físicas de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos por su gran apoyo en los análisis de las muestras de suelos.

Al Mg. Sc. Ing. Manuel Valencia Ramos, su valiosa orientación en todos los aspectos académicos, revisión exhaustiva de todos los capítulos que componen el presente trabajo de investigación y gran amistad.

A los Ing. Alan Ferreyros y Erick del Águila, por su inmenso apoyo en la ejecución del trabajo campo para la presente investigación.

Al Centro de Investigación de las Fronteras Amazónicas (CIFA), al Ing. Jorge W. Vela Alvarado, por el apoyo en el proceso de ejecución de la presente investigación.

## ÍNDICE GENERAL

<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA .....</b>	<b>2</b>
2.1 GÉNESIS.....	2
2.2 FACTORES DE FORMACIÓN .....	3
2.3 MINERALOGÍA .....	7
2.4 MORFOLOGÍA.....	8
2.5 CLASES DE SUELOS EN LA SELVA PERUANA.....	11
2.6 ESTUDIOS DE CLASIFICACIÓN EN LA AMAZONIA.....	12
2.7 SUSCEPTIBILIDAD FÍSICA DE LA TIERRA .....	13
<b>III. MATERIALES Y METODOS .....</b>	<b>15</b>
3.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA ZONA EN ESTUDIO.....	15
A. EXTENSIÓN Y LOCALIZACIÓN.....	15
B. CLIMA .....	16
C. ZONA DE VIDA.....	16
3.2 PROCESO METODOLÓGICO.....	17
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSION .....</b>	<b>30</b>
4.1 SUELOS Y SU CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA .....	30
A. ORIGEN .....	30
B. MORFOLOGÍA Y GÉNESIS.....	31
4.2 GÉNESIS DE LOS SUELOS .....	34
4.3 UNIDADES DE SUELOS .....	49
4.4 CARACTERÍSTICAS IMPORTANTES PARA LA CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA.....	67
4.4.1 DENSIDAD APARENTE .....	68
4.4.2 VALOR “n”.....	82
4.5 FAMILIA DE SUELOS .....	84
4.5.1 DIFERENCIACIÓN DE FAMILIAS PARA SUELOS MINERALES.....	84
4.5.2 CLASE DE TAMAÑO DE PARTÍCULA Y SUS SUSTITUTOS .....	85
4.5.3 CLASE DE MINERALOGÍA.....	95
4.5.4 CLASE DE ACTIVIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO .....	113
4.5.5 CLASE DE REACCIÓN Y CALCÁREAS.....	122
4.6 CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DE LOS SUELOS IDENTIFICADOS .....	124
4.7 EL MAPA DE SERIES DE SUELOS.....	125
4.8 SUSCEPTIBILIDAD DE LAS TIERRAS .....	132
<b>V. CONCLUSIONES .....</b>	<b>134</b>

<b>VI. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>138</b>
<b>VII. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>139</b>
<b>VIII. ANEXO .....</b>	<b>143</b>

## LISTA DE CUADROS

Cuadro 1: Minerales representativos y suelos asociados con los niveles de meteorización.....	8
Cuadro 2: Ubicación de los Puntos de Muestreos .....	18
Cuadro 3: Clasificación del Suelo en Fases por Pendiente .....	25
Cuadro 4: Criterio Numérico y Valor de Susceptibilidad.....	26
Cuadro 5: Escala de Calificación para las Unidades Fisiográficas.....	26
Cuadro 6: Escala de Calificación para Unidades Litoestratigraficas.....	27
Cuadro 7: Escala de calificación de acuerdo a la Cobertura y Uso de la Tierra. ....	27
Cuadro 8: Escala de calificación de acuerdo a la pendiente y el relieve.....	27
Cuadro 9: Escala de calificación de acuerdo a la Precipitación según Zona de Vida. ....	28
Cuadro 10: Escala de calificación de acuerdo con la textura presente.....	28
Cuadro 11: Unidades Taxonómicas identificados en el área de estudio. ....	32
Cuadro 12: Características generales de los Suelos identificados en el área de estudio. ....	33
Cuadro 13: Unidades Fisiográficas de la Cuenca Media del Rio Abujao. ....	36
Cuadro 14: Unidades Litoestratigraficas presentes en la zona de estudio. ....	39
Cuadro 15: Límites Temporales Vs Unidades Litoestratigraficas.....	48
Cuadro 16a: Características Físico-Químicas de los Suelos Identificados en el Área de Estudio.....	50
Cuadro 16b: Características Físico-Químicas de los Suelos Identificados en el Área de Estudio ..	501
Cuadro 16c: Características Físico-Químicas de los Suelos Identificados en el Área de Estudio...	502
Cuadro 16d: Características Físico-Químicas de los Suelos Identificados en el Área de Estudio ..	503
Cuadro 17: Valor “n” en los 30 primeros centímetros de los perfiles de Suelos. ....	83
Cuadro 18: Clase textural en los Suelos Identificados. ....	85
Cuadro 19: Distribución de Tamaño de Partículas. Suelo Nejilla. ....	86
Cuadro 20: Distribución de Tamaño de Partículas Suelo Huasai. ....	86
Cuadro 21: Distribución de Tamaño de Partículas Suelo Shimbillo. ....	87
Cuadro 22: Distribución del Tamaño de Partícula Suelo Capirona. ....	88
Cuadro 23: Distribución del Tamaño de Partícula Suelo Palmera. ....	88
Cuadro 24: Distribución del Tamaño de Partícula Suelo Horizonte.....	89
Cuadro 25: Distribución del Tamaño de Partícula Suelo Colina.....	89
Cuadro 26: Distribución del Tamaño de Partícula Suelo Shebon.....	89
Cuadro 27: Distribución del Tamaño de Partícula. Suelo Santa Rosa. ....	90
Cuadro 28: Distribución del Tamaño de Partícula. Suelo Uvilla.....	90
Cuadro 29: Distribución del Tamaño de Partículas. Suelo Mohena.....	91
Cuadro 30: Distribución del Tamaño de Partícula Suelo Libertad. ....	91
Cuadro 31: Distribución del Tamaño de Partícula. Suelo Tornillo. ....	92
Cuadro 32: Distribución del Tamaño de Partícula Suelo Sargento. ....	92
Cuadro 33: Distribución del Tamaño de Partícula Suelo Cedro. ....	93
Cuadro 34: Distribución del Tamaño de Partícula Suelo Caoba.....	93
Cuadro 35: Distribución del Tamaño de Partícula Suelo Pijuayo. ....	94
Cuadro 36: Identificación de Familia de Suelos. Clases de Tamaños de Partículas. ....	94
Cuadro 37: Clases de Minerales Arcillosos y no Arcillosos de los Suelos Identificados.....	96

Cuadro 38: Clasificación Taxonómica según su Clase de Mineralogía. ....	111
Cuadro 39: Clasificación por Actividad de Intercambio Catiónico. ....	121
Cuadro 40: Características Acidas de los Suelos. ....	123
Cuadro 41: Clasificación Taxonómica a nivel de familia para los suelos identificados. ....	124
Cuadro 42: Superficie de las Unidades Cartográficas. ....	131

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Proceso Metodológico para determinar la Susceptibilidad Física. ....	14
Figura 2: Ubicación de la Zona de Estudio. ....	15
Figura 3: Mapa de Cobertura y Uso actual de la Tierra. ....	38
Figura 4: Formaciones Geológicas identificadas en el Sector de Estudio. ....	40
Figura 5: Mapa Geológico de la zona de estudio; INGEMMET (1997). ....	43
Figura 6: Mapa Fisiográfico de la zona de estudio. ....	44
Figura 7: Paisaje Planicie “Terrazas Bajas”. ....	45
Figura 8: Paisaje Planicie “Terrazas Media”. ....	46
Figura 9: Paisaje Planicie “Terraza Alta” ....	46
Figura 10: Foto de Paisaje Colinoso. ....	47
Figura 11: Densidad aparente vs Porcentaje de Materia orgánica. Suelo Nejilla. ....	68
Figura 12: Densidad aparente vs Porcentaje de Arcilla. Suelo Nejilla. ....	69
Figura 13: Densidad aparente vs Porcentaje de Materia orgánica. ....	69
Figura 14: Densidad aparente vs Porcentaje de Materia orgánica. Suelos Caoba, Mohena y Huasai. ....	70
Figura 15: Densidad aparente vs Porcentaje de Materia orgánica. Suelos Colina, Santa Rosa y Shebon. ....	71
Figura 16: Densidad aparente vs Porcentaje de Materia orgánica. Suelo Horizonte. ....	72
Figura 17: Densidad aparente vs Porcentaje de Arcilla. Suelo Shimbillo. ....	72
Figura 18: Densidad aparente vs Porcentaje de Arcilla. Suelos Caoba, Mohena y Huasai. ....	73
Figura 19: Densidad aparente vs Porcentaje de Arcilla. Suelos Colina, Santa Rosa y Shebon. ....	74
Figura 20: Densidad aparente vs Porcentaje de Arcilla. Suelo Horizonte. ....	75
Figura 21: Densidad aparente vs Porcentaje de Materia orgánica. Suelo Libertad. ....	75
Figura 22: Densidad aparente vs Porcentaje de Materia orgánica. ....	76
Figura 23: Densidad aparente vs Porcentaje de Materia orgánica. Suelo Palmera. ....	77
Figura 24: Densidad aparente vs Porcentaje de Arcilla. Suelo Libertad. ....	77
Figura 25: Densidad aparente vs Porcentaje de Arcilla. Suelos Sargento, Cedro y Tornillo. ....	78
Figura 26: Densidad aparente vs Porcentaje de Arcilla. Suelo Palmera. ....	79
Figura 27: Densidad aparente vs Porcentaje de Materia orgánica. Suelo Capirona. ....	79
Figura 28: Densidad aparente vs Porcentaje de Materia orgánica. Suelos Uvilla y Pijuayo. ....	80
Figura 29: Densidad aparente vs Porcentaje de Arcilla. Suelos Capirona, Uvilla y Pijuayo. ....	81
Figura 30: Esquema de formación de algunos minerales de arcilla propuesto por Buckman y Brady (Tomado de Mejía, 1980). ....	98
Figura 31: Porcentaje de minerales arcillosos y otros minerales. Suelo Nejilla. ....	99
Figura 32: Porcentaje de minerales arcillosos y otros minerales. Suelo Huasai. ....	100
Figura 33: Porcentaje de minerales arcillosos y otros minerales. Suelo Shimbillo. ....	100
Figura 34: Porcentaje de minerales arcillosos y otros minerales. Suelo Capirona. ....	101
Figura 35: Porcentaje de minerales arcillosos y otros minerales. Suelo Palmera. ....	102
Figura 36: Porcentaje de minerales arcillosos y otros minerales. Suelo Horizonte. ....	102
Figura 37: Porcentaje de minerales arcillosos y otros minerales. Suelo Colina. ....	103

Figura 38: Porcentaje de minerales arcillosos y otros minerales. Suelo Shebon.....	104
Figura 39: Porcentaje de minerales arcillosos y otros minerales. Suelo Santa Rosa. ....	104
Figura 40: Porcentaje de minerales arcillosos y otros minerales. Suelo Uvilla.....	105
Figura 41: Porcentaje de minerales arcillosos y otros minerales. Suelo Mohena. ....	105
Figura 42: Porcentaje de minerales arcillosos y otros minerales Suelo Libertad. ....	106
Figura 43: Porcentaje de minerales arcillosos y otros minerales Suelo Tornillo. ....	106
Figura 44: Porcentaje de minerales arcillosos y otros minerales Suelo Sargento. ....	107
Figura 45: Porcentaje de minerales arcillosos y otros minerales. Suelo Cedro. ....	107
Figura 46: Porcentaje de minerales arcillosos y otros minerales. Suelo Caoba.....	108
Figura 47: Porcentaje de minerales arcillosos y otros minerales Suelo Pijuayo. ....	109
Figura 48: Mapa de Distribución de Minerales Arcillosos y No Arcillosos en los Suelos Identificados en la Zona .....	112
Figura 49: La CIC vs la arcilla y materia orgánica Suelo Caoba.....	113
Figura 50: La CIC vs la arcilla y materia orgánica Suelos Horizonte, Colina y Mohena. ....	114
Figura 51: La CIC vs la arcilla y materia orgánica Suelos.....	115
Figura 52: La CIC vs la arcilla y materia orgánica Suelos Huasai, Libertad y Santa Rosa.....	116
Figura 53: La CIC vs la arcilla y materia orgánica Suelos Sargento y Shimbillo. ....	117
Figura 54: La CIC vs la arcilla y materia orgánica Suelos .....	118
Figura 55: La CIC vs la arcilla y materia orgánica Suelos .....	119
Figura 56: Mapa de Susceptibilidad Física. ....	133

## LISTA DE ANEXOS

ANEXO I: PERFILES MODALES .....	144
ANEXO II: MAPAS TEMÁTICOS .....	162
ANEXO III: ESCALAS DE INTERPRETACIÓN .....	169
ANEXO IV: RESULTADOS DE LAS VALORACIONES PARA LA DETERMINACIÓN DE LA SUSCEPTIBILIDAD DE LOS SUELOS .....	174

# **GÉNESIS, MORFOLOGÍA, CLASIFICACIÓN Y SUSCEPTIBILIDAD DE SUELOS DE LA PARTE MEDIA DEL RÍO ABUJAO**

## **RESUMEN**

El presente estudio se realizó en la cuenca media del río Abujao, a fin de obtener una fuente fiable de información para un manejo eficiente de los recursos naturales existente. Los objetivos fueron: caracterizar física, morfológicamente y agrupar taxonómicamente los suelos de la zona con la finalidad de definir su uso y relacionarlos a su grado de desarrollo; analizar la mineralogía de los suelos y relacionarlos a su origen y desarrollo, e identificar y delimitar la susceptibilidad de los suelos a su deterioro. La metodología empleada está basada en la “Soil Survey Manual, 1993”; y la clasificación taxonómica según “Soil Taxonomy, 2014”, además de utilizar el método multivariable (MINAM, 2011) para determinar la susceptibilidad de los suelos. Se identificaron diecisiete series de suelos, uno del Orden Entisols, trece Inceptisols y tres Ultisols; asimismo, mediante el análisis mineralógico se observó que la presencia del mineral albita (feldespato) predispone a que esos suelos sean los menos desarrollados dentro de su orden, y que los suelos en que se observa la presencia de rutilo (óxido de titanio) indica suelos muy evolucionados. Aquellos suelos que presentan arcillas como la montmorillonita y la illíta son suelos con un desarrollo moderado, todos estos con respecto a su orden taxonómico. Con respecto a la susceptibilidad de la tierra, la zona en estudio presenta tres niveles: Ligera; con una fuerte estabilidad debido a su formación geológica y pendiente menor al 8%; Moderada, sujeta a su pendiente 8 a 25% y a su formación geológica de moderada estabilidad; y la de Fuerte Susceptibilidad, por desarrollarse en formas fisiográficas, con pendientes superiores al 25%, y suelos de textura arenosa.

Palabras claves: Unidades fisiográficas, Minerales arcillosos, Taxonomía de Suelos, Susceptibilidad de las Tierras, Series de Suelos.

**GENESIS, MORPHOLOGY, CLASSIFICATION AND SUSCEPTIBILITY SOIL  
PART MIDDLE RIVER ABUJAO REGION UCAYALI**

**ABSTRACT**

The present study was carried out in the middle basin of the river Abujao, in order to obtain a reliable source of information to a more efficiently management of the existing natural resources. The objectives were: characterizing soils physically and morphologically, and grouping taxonomically the soils of the area in order to define its use and relate them to their degree of development; analyzing the mineralogy of soils and relate them to their origin and development, and identifying and defining the susceptibility of soils to spoilage. The methodology was based on the "Soil Survey Manual, 1993", and the taxonomic classification according to "Soil Taxonomy, 2014", in addition to using the multivariate method (MINAM, 2011) to determine the susceptibility of soils. Seventeen soil series, one the order of Entisols, thirteen of Inceptisols and three of Ultisols, were identified; moreover, by mineralogical analysis it showed that the presence of the mineral albite (feldspar) predisposes these soils to be less developed in its order, and soils with presence of rutile (titanium oxide), were considered as very developed. Those soils with clay as montmorillonite and illite are soils with a moderate development, all of them with respect to their taxonomic order. Respect to its land susceptibility, the study area shows three levels: Light, with strong stability due to its geological and slope of less than 8%; Moderate, subject to its slope 8-25% and its geological formation of moderate stability; and High Susceptibility, developed in landforms with over 25% slopes and sandy soils.

**Keywords:** Physiographic units, clay minerals Soil Taxonomy, Susceptibility of Lands, Land Series.

## I. INTRODUCCIÓN

En la selva Peruana, específicamente en la Región Ucayali, existen zonas en la que el verdadero potencial agrícola o ecoturística no es conocida.

En la actualidad, se ha observado que el conocimiento científico del suelo, indicado en el develamiento de su origen, y desarrollo, es fundamental para el ordenamiento territorial y la planificación económica de cualquier región. Más aún cuando este conocimiento nos revelaría el uso potencial que poseen estos suelos, su patrón de distribución espacial, los factores limitantes para la ejecución de programas y proyectos de desarrollo, así como el empleo de técnicas de manejo adecuadas para su mejor utilización.

Sin embargo, conservar la vegetación natural protectora, aprovechar racionalmente los bosques y buscar nuevas áreas para ampliar la frontera agrícola e incrementar la producción de fibras y alimentos, son acciones que requieren para su éxito, de estudios exhaustivos de suelos.

Algunas instituciones como la Universidad Nacional de Ucayali (UNU) dentro del ella el Centro de Investigación de las Fronteras Amazónicas (CIFA), el Gobierno Regional de Ucayali (GOREU) y el IIAP-Pucallpa, están realizando investigaciones puntuales en la región sobre estos temas, no obstante, las informaciones recopiladas aún son escasas.

Los objetivos del presente estudio fueron: a) Caracterizar física y morfológicamente los suelos, y agruparlos taxonómicamente con la finalidad de definir su uso y relacionarlos a su grado de desarrollo; b) Analizar la mineralogía de los suelos y relacionar con su origen y grado de desarrollo; c) Identificar y delimitar la susceptibilidad de los suelos a su deterioro.

## **II. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1 GÉNESIS**

La génesis del suelo, es la ciencia que estudia los factores y procesos que actúan en la descomposición de las rocas y compuestos orgánicos para dar origen a los suelos. El suelo no es un medio simple y estático, es complejo y dinámico, y sus propiedades distintivas se adquieren lentamente a través del tiempo, bajo la acción combinada de los factores y procesos del medio donde se localiza. (IGAC, 2009).

Los suelos son sistemas naturales abiertos, dinámicos y complejos, que se forman en la superficie de la corteza terrestre donde viven las plantas y gran diversidad de seres vivos y cuyas características y propiedades se desarrollan por la acción de los agentes climáticos y bióticos actuando sobre los materiales geológicos, acondicionados por el relieve y drenaje durante un período de tiempo.

El desarrollo genético de los suelos está influenciado por una serie de factores (clima, relieve, material parental, organismos y tiempo) y procesos de ganancias - pérdidas de materiales geológicos y biológicos cuyas combinaciones e interacciones dan lugar a la diferenciación progresiva de horizontes que a medida que pasa el tiempo construyen el pedón del suelo.

En los estudios de suelos los conceptos del desarrollo genético, los factores y los procesos que intervienen en la evolución son muy importantes para entender la relación que existe entre los suelos y el medio ambiente, a la vez, constituyen un criterio fundamental para la conformación y la delimitación de las unidades cartográficas y la definición de las categorías superiores del sistema de clasificación taxonómica (IGAC, 2009).

Según Jenny (1941), un factor de formación se puede identificar como un agente, una fuerza, una condición, una reacción o una combinación de ellos, que afecta, ha afectado o puede influir en un material original del suelo, con potencialidad para cambiarlo. Entre los organismos se incluye al hombre como factor de formación o de destrucción.

Cortez (1976), sostiene que un proceso de formación, es una secuencia, que incluye tanto reacciones como redistribuciones de la materia que afecta íntimamente al suelo en que se produce. El concepto de formación del suelo se simplifica en los siguientes términos: a) ganancias, b) pérdidas, c) transformaciones, y d) translocaciones de materiales geológicos y biológicos, los que permiten una mejor definición de los procesos pedogenéticos como la eluviación e iluviación, lavado, enriquecimiento y calcificación.

## **2.2 FACTORES DE FORMACIÓN**

### **a. CLIMA**

El clima no solo influye en la formación del suelo por el control de las reacciones químicas y físicas, también es considerado como el principal factor que determina la tasa y clase de suelos, la distribución de la vegetación y el tipo de procesos geomorfológicos. Los extremos climáticos tienen una mayor influencia en el desarrollo de ciertas propiedades del suelo y deben tenerse en cuenta en los datos promedios (Buol, Hole y Mc. Cracken, 1997; Fitz Patrick, 1985).

El clima influye a través del agua de lluvia, que al pasar por los materiales del suelo, causa disolución, translocación, eliminación y redistribución de materiales, tales como coloides y nutrientes; a la vez, afecta también al desarrollo y características de la vegetación y otros organismos mediante sus parámetros de temperatura y precipitación; el clima va actuando sobre el material formador del suelo y posteriormente sobre el pedón resultante, afectándolo con diferente grado de intensidad. (IGAC, 2009).

Los elementos del clima que más influyen en la formación del suelo son: la temperatura y la precipitación, las cuales son las variables que actúan como agentes catalizadores de la descomposición del material rocoso y de los pocos residuos

orgánicos que son incorporados al suelo; la temperatura favorece la velocidad de las reacciones químicas, la formación de la materia orgánica, la actividad biológica y la descomposición de la roca.

#### **b. MATERIAL PARENTAL**

El suelo se desarrolla dentro de un intemperismo del material inconsolidado (parental) de la superficie de la tierra, todo bajo la influencia de la biota y del clima. El suelo no puede formarse dentro de la roca sólida, pero puede formarse dentro de la meteorización por producto de la roca. Al material inconsolidado de la superficie de la tierra (Suelto) se lo denomina *Regolita*. (Schaetzl and Anderson, 2005).

La Regolita es expuesta a la variación del clima y está actuando por la biota. En el proceso, es erosionado, transportado, depositado, y mucho más importante (para la formación del suelo) es meteorizado, lo cual alienta a varios componentes para ser reorganizados y translocados internamente. La regolita residual es meteorizada fuera de la roca, y por lo tanto, todas sus partes pueden ser consideradas meteorizables.

Para poder comprender la naturaleza y origen de los suelos deben conocerse las principales características físicas y químicas de los minerales primarios (cuarzo, ortoclasa, plagioclasa, mica moscovita, mica, biotita, hornblenda, augita, olivino, magnetita y apatita). La naturaleza química o elementos que constituyen un mineral, indica la contribución que el mineral podrá hacer al estado nutritivo del suelo a que da origen; la fuente principal de potasio en el suelo es la ortoclasa y la plagioclasa lo es de calcio y sodio; las micas dan potasio, magnesio y hierro.

#### **c. RELIEVE**

La génesis, la evolución, las características y las propiedades de un suelo dependen en gran medida del modelado de los paisajes terrestres que se interpretan dentro de un marco geomorfológico; este nivel de referencia se amplía al establecer las relaciones suelo “geoforma”.

La acción directa del relieve sobre los terrenos en pendiente se plasma en los procesos de erosión y en las migraciones oblicuas. La primera puede poner al descubierto los horizontes y la roca madre, esta actúa, como rejuvenecedora y se opone a la evolución completa. Las migraciones oblicuas actúan en el sentido de empobrecimiento de las cimas, compensación en las laderas y enriquecimiento y acumulación al pie de las mismas. El resultado de este doble proceso es un escalonamiento regular de los suelos, desde la cima hasta la parte inferior de las vertientes. Esta sucesión de suelos, idénticos según curvas de nivel, pero variando de forma continua a lo largo de la pendiente es llamada cadena de suelos o catena (Vazques y Tapia, 2005).

El relieve ejerce un control sobre los factores que tienden no solo a formar el suelo sino también a destruirlo, especialmente en suelos localizados sobre estructuras rocosas en las partes altas y de pendientes fuertes; en estas posiciones la pendiente favorece un proceso erosivo natural que contrarresta la evolución pedológica, por cuanto rejuvenece constantemente el suelo mediante la pérdida de materiales edáficos. (IGAC, 2009).

El relieve ejerce tres acciones fundamentales: **Transporte**; por la acción de la gravedad, se produce transporte de todo tipo de materiales que se trasladan pendiente abajo. Dependiendo de su posición dentro del paisaje, el suelo se ve sometido a la acción de erosión (laderas de montañas y colinas) o a la acumulación de sedimentos (terrazas y valles). **Características Hídricas**; en relieves convexos el agua de la precipitación circula hacia las zonas más bajas y se crea una zona de aridez y erosión local, mientras todo lo contrario ocurre en una forma de relieve cóncavo. **Microclima**; el relieve también modifica las características del clima edáfico, al influir en la temperatura y humedad en función a su inclinación (influirá en la intensidad calorífica de las radiaciones recibidas), orientación (que regula el tiempo de la incidencia de las radiaciones solares) y altitud (que influirá en los elementos climáticos generales), como consecuencia de todo ello también afectará al desarrollo vegetal y la actividad microbiana.

#### **d. ORGANISMO**

El factor organismos incluye tanto los vegetales como los animales de tamaño grande (macro-organismos) como pequeños (meso y microorganismos); es considerado como un factor activo en la formación de los suelos ya que participa, no solo en la desintegración del material parental, sino también en la producción y descomposición de los materiales orgánicos. El papel de las plantas y animales en la formación del suelo es fundamental ya que sin vida no se puede hablar de verdadero suelo.

Los animales, generalmente ayudan a diseminar residuos orgánicos para la activación de los microorganismos y estos, a su vez, transforman complejos orgánicos (celulosa, hemicelulosa y ácidos húmicos) en moléculas asimilables y de gran valor para la meso y la macro-fauna edáfica. La clase e intensidad de la acción biológica es variable y depende básicamente de la temperatura, de la humedad y de las comunidades animales y vegetales presentes en un lugar. El hombre, también es considerado como factor formador del suelo puede ser destructivo cuando realiza un manejo inadecuado al talar y quemar el bosque para implementar actividades agropecuarias que favorezcan la erosión y la contaminación del suelo con sustancias tóxicas.

#### **e. TIEMPO**

El suelo, al igual que los organismos, cambia con el paso del tiempo y gradualmente desarrolla nuevas características conforme avanza desde la juventud hasta la verdadera madurez. Los suelos jóvenes mantienen muchas características del material parental del que proceden, pero cuando alcanzan una mayor madurez adquieren mayor importancia los rasgos pedológicos, relacionados con el proceso formador. La progresión comienza con la adición de los primeros fragmentos de materia orgánica y continúa con el desarrollo y diferenciación de los horizontes genéticos. Con el tiempo un suelo se encuentra en equilibrio con su ambiente (clima + vegetación + relieve) y puede considerarse como suelo maduro. La mayoría de las primeras clasificaciones se basan en las características de los suelos maduros (Vázquez y Tapia, 2005).

El tiempo es un factor pasivo que representa la duración en la acción de los demás factores hasta lograr manifestaciones en el desarrollo del perfil de los suelos, en

términos de juventud, madurez y senectud; además como factor de formación de los suelos, es difícil de evaluar con exactitud.

### **2.3 MINERALOGÍA**

Para poder comprender la naturaleza y origen de los suelos deben conocerse las principales características físicas y químicas de los minerales primarios. Estas naturalezas químicas o elementos que constituyen un mineral, indica la contribución que el mineral podrá hacer al estado nutritivo y desarrollo del suelo; es decir según el tipo de mineral puede otorgar un tipo específico de elemento nutritivo al suelo. Ejemplo: la fuente principal de potasio en el suelo es la ortoclasa y la plagioclasa lo es del calcio y sodio; las micas dan potasio, magnesio y hierro.

La clasificación taxonómica a nivel de familia mineralógica agrupa los suelos de acuerdo a los minerales dominantes en la fracción fina (<0,002 mm) y por consiguiente permite hacer predicciones acerca del comportamiento del suelo y su respuesta al manejo (Soil Survey Staff, 2014).

Según Romero, et. al (1985); la importancia de la fracción fina arcilla en los procesos edáficos radica sobre todo en su pequeño tamaño, gran superficie y carga superficial, cualidades determinadas por el tipo de mineral presente y su grado de cristalinidad, estas características se traducen en una gran actividad y facilidad de reacción, de ahí la influencia de esta fracción en las propiedades del suelo, tales como capacidad de cambio, capacidad de formación de complejos órgano-arcillosos y metálicos, capacidad de hidratación, etc.; la mineralogía de la fracción arcilla juega un papel fundamental en la fertilidad inmediata o a corto plazo de un suelo.

Asimismo, el estudio de la fracción gruesa también es importante, sobre todo en lo concerniente a la reserva nutricia del suelo (fertilidad potencial o a largo plazo), ya que la mayoría de los elementos requeridos por las plantas para su crecimiento, a excepción del N y en muchos casos del P, pasan al suelo mediante los procesos de alteración que actúan sobre los minerales primarios.

Según Foth (1990), clasifica la edad de los suelos de acuerdo a los tipos de minerales presentes en ellos y los agrupan según su resistencia a la meteorización. El nivel de meteorización I, representado por suelos que están sujetos a pequeña o casi ninguna meteorización o lixiviación, debido a que el suelo contiene minerales meteorizables tales como el yeso, y la halita; el nivel de meteorización II, representado por minerales moderadamente meteorizables, estos suelos tienden a tener cantidades significativas de minerales primarios (Cuarzo y micas) y minerales secundarios (vermiculita y esmectita); y el nivel de meteorización III, son considerados por tener intensiva meteorización, los minerales representativos de este nivel son los minerales secundarios con una gran resistencia a la meteorización, en suelos muy meteorizados tiene a la fracción arcilla dominado por la caolinita, así como óxidos de aluminio, hierro y/o titanio, incluyendo la hematita, cuadro 1.

## 2.4 MORFOLOGÍA

La clasificación de suelos se genera con la morfología, pues el examen en campo es esencial para desarrollar un sistema de clasificación y cartografía, y luego hacer válidos los pronósticos (Soil Survey Staff, 1993).

La morfología, es la expresión de la evolución pedogenética. Se evalúa examinando el pedón *in situ*. Para facilitar la comparación de las descripciones del pedón del suelo se necesitan métodos y términos convencionales que deben seguirse tan fielmente como sea posible, agregando las notas que el investigador estime necesario (Buol, Hole y Mc. Cracken, 1997).

Cuadro 1: Minerales representativos y suelos asociados con los niveles de meteorización

Niveles de Meteorización	Minerales Representativos	Típicos Grupos de Suelos
Nivel de meteorización mínima (I)		
1	Yeso, Halita, Nitrato de sodio	Los Suelos dominados por estos minerales en la fracción de limo fino y arcilla son mínimamente meteorizados, se encuentran en regiones desérticas donde están limitados por agua y mantienen una meteorización química al mínimo.
2	Calcita, Dolomita, Apatita	
3	Olivino-Hornablenda, Pyroxeno	
4	Biotita, Glauconita, Nontronita	
5	Albita, Anortita, Microclina, Ortoclasa	

Niveles de Meteorización	Minerales Representativos	Típicos Grupos de Suelos
Nivel de meteorización moderada (II)		
6	Cuarzo	Los Suelos dominados por estos minerales en la fracción de limo fino y arcilla, se encuentran en regiones de temperatura donde se desarrolla el grass y los árboles. Incluye suelos donde se desarrolla el maíz y el trigo en el mundo.
7	Muscovita	
8	2:1 Capas de Silicatos (incluyendo a la Vermiculita)	
9	Smectita (Montmorillonita)	
Nivel de meteorización intensiva (III)		
10	Caolinita	Muchos suelos con meteorización intensiva de las regiones ecuatoriales calientes y húmedas tienen minerales arcillosos. Estos suelos se caracterizan por la acidez e infertilidad.
11	Gibbsita	
12	Hematita, Goetita	
13	Anatase, Rutilo, Zircon	

**Fuente:** Basado en Jackson y Sherman (1953), citado por Foth (1990).

Según Schaetzl y Anderson (2005), la morfología del suelo es todo lo que puede ser visto y sentido de un suelo. Incluye "no sólo lo que está ahí", sino también la forma en que están "juntas" su arquitectura. Está definida por características como los horizontes, la química y la mineralogía. Los suelos están compuestos de partículas clásticas (materia mineral), los materiales orgánicos en varias etapas de descomposición y organismos vivos, el agua (o hielo), y gases dentro de los poros de diferente tamaño. La cantidad absoluta de cada característica, así como su disposición en un tejido particular, son la suma de la morfología del suelo.

El Soil Survey Manual (1993), describe que la morfología del suelo, es el estudio de todas las características que influyen en la formación del suelo, como: el Material parental; se refiere al material de la cual se originó el suelo sea este aluvial (reciente, subreciente y antiguo), coluvial y residual.

Asimismo, la granulometría (Textura); se refiere a los porcentajes de arena, limo y arcilla, los cuales están mezcladas en diversos porcentajes, generándose 12 tipos de clases texturales, desde la clase textural Arena, pasando por Franco y Limo, hasta terminar en la Arcilla. Dentro de la granulometría, también se encuentran los modificadores texturales, estos se refieren a los fragmentos de rocas mayores a 2 mm de diámetro, se han identificado cinco tipos de fragmentos gruesos; grava fina, grava media, grava gruesa, guijarro y piedras.

De igual manera, dentro de la morfología del suelo, se define la Estructura, la cual se refiere al arreglo de las partículas primarias en agregados o partículas secundarias (peds); la estructura se determina en base a tres características: el tipo o forma, pudiendo ser esta: esferoidal, blocosa, laminar y prismática; tamaño o clase, pudiendo ser esta muy fina, fina, media, gruesa y muy gruesa; y, grado o claridad, pudiendo ser esta: débil, moderado o fuerte. Algunos suelos no presentan agregación evidente, y para este tipo se tiene dos denominaciones adicionales: grano simple y masivo.

La Consistencia, es otra característica importante en la morfología del suelo; esta se refiere a la resistencia que ofrece el suelo a la acción de fuerzas mecánicas, se utiliza esta característica para definir y separar las capas u horizontes del suelo; se determina al estado de humedad que presenta el suelo y los términos utilizados son: suelo seco, suelo húmedo y suelo mojado, también es necesario mencionar que dentro de cada termino existen unidades identificativas que también están relacionado con la humedad.

En la morfología del suelo, la profundidad efectiva es un indicador del grado de desarrollo del suelo, y se refiere al espesor de las capas en donde las raíces pueden penetrar fácilmente en busca de agua y nutrientes. Su límite inferior está dado por capas de arcillas muy densas, duripans, presencia de gravas (mayor a 60 %) o napa freática permanente.

Asimismo, el Drenaje y la Permeabilidad, son dos características que se consideran al estudiar la morfología de los suelos. El drenaje se refiere a la facilidad con la que el agua sale del perfil del suelo; mientras que, la permeabilidad se refiere a la velocidad con la que el agua se moviliza a través del perfil del suelo, a esta se la relaciona con la textura del suelo.

El Color del suelo junto con la estructura y la textura, es una característica importante dentro de la morfología del suelo, muchas partículas del suelo tienen algún grado de color sobre ellos. El color sobre la muestra o el horizonte del suelo está en función del tipo y grado del mineral presente. Los colores oscuros usualmente implican materia orgánica, asimismo, las concreciones de magnesio son usualmente oscuras. El color rojo proviene de varios minerales con hierro (Schaetzl and Anderson, 2005). Para determinar el color del suelo se utiliza una carta de colores denominada Sistema Munsell, que consta de 175

colores (chips), distribuidos en siete cartas, más tres adicionales (dos para los más rojos y uno para los azulados y verdosos).

## 2.5 CLASES DE SUELOS EN LA SELVA PERUANA

Rodríguez (IIAP, 1995), menciona a Zamora y Bao (1972), que en forma general agruparon los suelos del Perú en siete regiones de suelos o regiones geoedáficas de las cuales tres regiones son de la selva y tenemos:

- a. **Región líto-cambisólica:** En la selva alta entre 2,200 y 3,000 msnm. La pendiente es extrema y los suelos son pobres y erosionables por las altas precipitaciones. Predominan los suelos superficiales (Litosoles) y de formación incipiente o jóvenes (Cambisoles). Pueden ser ácidos o calcáreos, y con frecuencia, de color amarillo.
- b. **Región acrisólica:** En las partes medias e inferiores de la selva alta entre 500 y 2,800 msnm. Comprende algunos valles con buenos suelos. Predominan suelos profundos, de tonos amarillos y rojizos con buen drenaje (Acrisoles) y arcillosos muy profundos (Nitosoles). Hacia la selva baja aparecen suelos arcillosos ácidos y con hierro (Acrisoles plínticos). En las pendientes los suelos son rocosos (Litosoles). En los fondos de los valles los suelos son aluviales (Fluvisoles), a veces con mal drenaje (Gleisoles), y suelos arcillosos (Vertisoles).
- c. **Región Ferralsolica:** En la selva baja. Hay suelos rojos y amarillos, ácidos y de baja fertilidad natural (Ultisoles), jóvenes de perfil poco diferenciado (Entisoles), jóvenes con diferenciación en horizontes (Inceptisoles), mal drenados (aguajales), moderadamente fértiles y bien drenados (Alfisolos, Vertisoles, Molisoles), muy infértiles arenosos (Spodosoles), de arenas blancas.

Según el INIPA (1983), los suelos son ácidos de baja fertilidad natural, bien drenados, topografía plana a suavemente onduladas (Ultisols, Dystrudepts) cubren una superficie de 38 millones de hectáreas, la cual representa el 50 % del territorio amazónico peruano; los suelos de topografía escarpada, fuertemente disectados (Entisols, Inceptisols, Ultisols y Alfisols) cubren una superficie de 23.4 millones de hectáreas, la cual representa el 31 % del territorio amazónico peruano; los suelos mal drenados, aluviales, aguajales (Aquepts,

Aquents) cubren una superficie de 10.1 millones de hectáreas, la cual representa el 14 % del territorio amazónico peruano; y, los suelos de moderada a alta fertilidad natural con topografía plana a levemente ondulada (Alfisols, Vertisols, Inceptisols y Entisols) cubren un superficie de 4.1 millones de hectáreas, la cual representa el 5 % del territorio amazónico peruano.

## **2.6 ESTUDIOS DE CLASIFICACIÓN EN LA AMAZONIA**

Según Cocharane y Sanchez (1981), el 75 % de la amazonia continental está dominada por suelos ácidos e infértiles. Estos suelos son generalmente profundos, bien drenados, rojos o amarillentos con propiedades físicas favorables, pero muy ácidos y deficientes en nutrientes para las plantas; el 15 % de la región está conformado por suelos aluviales pobremente drenados, localizados en las planicies inundables o en tierras pantanosas (aguajal). Muchos de estos suelos aluviales tienen una alta fertilidad nativa, particularmente aquellos asociados con ríos altos en sedimentos de origen andino.

Según trabajos realizado por el INIPA (1983), la selva peruana posee siete ordenes de suelos dominantes, de un total de once reportados a nivel mundial, de los cuales los Ultisols cubren el 65 % del territorio, seguidos por Entisols e Inceptisols con el 17 y 14 %, respectivamente. Los Alfisols y Spodosols, cubren el 4 % aproximadamente del territorio amazónico.

Zavaleta (1974), identificó, en algunos suelos de Pucallpa, el Orden Ultisols, Suborden Aquults, Grandes Grupos Plinthaquults y Paleaqualfs. En los suelos de San Jorge (a 54 Km. de Pucallpa) se encontró el subgrupo Typic Paleaqualfs, y en Neshuya (a 60 Km. de Pucallpa) el subgrupo Oxic Paleaqualfs. Se describe Plinthaquults, como suelos que se caracterizan por tener un epipedón Óxico delgado, pH ácido, color pardo grisáceo, un horizonte argílico y plinthita en los 45 y 120 cm. de profundidad; en cuanto a su mineralogía, manifiesta que la arena, se caracteriza por la presencia de cuarzo, pequeñas cantidades de feldespatos y goethita. En la fracción limo, observó grandes cantidades de feldespatos, caolinita, trazas de micas y otros minerales de tipo 2:1, mientras que en la fracción arcilla notó la predominancia de caolinita en el horizonte superior, la presencia de arcillas 2:1 en el horizonte B y también la presencia de halloysita, vermiculita, montmorillonita, minerales cloritizados y cuarzo.

Díaz (2000), en un estudio realizado en la ciudad de Pucallpa identifico los órdenes Entisols, Inceptisols y Ultisols; a nivel de subgrupo encontró: Typic Udifluvents, con pH ligeramente ácido (pH 6.4) a ligeramente alcalino (pH 7.6), con predominancia de clorita, montmorillonita e illita en menor proporción; asimismo identifico los subgrupos Oxiaquic Udifluvents, Fluventic Dystrudepts, Fluvanquentic Epiaquepts, Typic Paleudults y Typic Dystrudepts, con pH fuertemente ácido, con predominancia de montmorillonita (35 a 80 %); la caolinita se encuentra en bajas proporciones (15 a 30 %). Asimismo, observó que en las llanuras aluviales se encuentran los Entisols; en terrazas medias y colinas bajas los Inceptisols; y las terrazas altas los Ultisols.

ONERN (1978), en un estudio realizado en las zonas entre Pucallpa y el río Abujao, encontraron diez subgrupos de suelos enlazados a seis grandes grupos que pertenecen a los órdenes Entisols, Alfisols, Ultisols e Inceptisols. Los suelos que manifiestan una extremada y fuerte acidez, debido a la presencia significativa de porcentajes de aluminio cambiante en las partículas coloidales, pertenecen a los subgrupos denominados Typic Paleudults y Ortotoxic Paleudults. Estos suelos son de baja fertilidad y constituyen los suelos problemas del área por requerir tratamientos especiales para su uso racional y económico.

Una generalización de los suelos predominantes en los sistemas de Ucayali (Cochrane et al., 1985, citado por Ara, 1996) indica que los Ultisols ocupan el 38.9 % del territorio, que se caracterizan por el buen desarrollo del perfil, pero con alta saturación de Al y baja fertilidad. Dentro de este orden el 90 % corresponde a los Rhodudults, Paleudults y Hapludults (bien drenados), y el 10 % corresponde a los Paleaquults (mal drenados). Los Alfisols, suelos con buen desarrollo del perfil, pero con mayor saturación de bases y fertilidad, son los segundos más frecuentes (31.2 %); así también se encuentran suelos de menor proporción (2.0 %) del orden Entisols.

## **2.7 SUSCEPTIBILIDAD FÍSICA DE LA TIERRA**

La ocurrencia de fenómenos naturales como las inundaciones, los deslizamientos, los terremotos y erupciones volcánicas, se encuentran dentro del desarrollo de ciclos geológicos naturales; sin embargo, la intervención del hombre en los ecosistemas ha acelerado el deterioro de los sistemas naturales provocando el deterioro a escala globalizada (MINAM, 2011).

La susceptibilidad de los suelos se deriva de un conjunto de interacciones en la cual actúan factores físicos y biológicos propios de los sistemas naturales de la zona, la pendiente, la precipitación, propiedades geológicas, la cobertura vegetal y el uso del suelo, interactúan y producen un grado de susceptibilidad baja a muy alta en la zona. Figura 1.

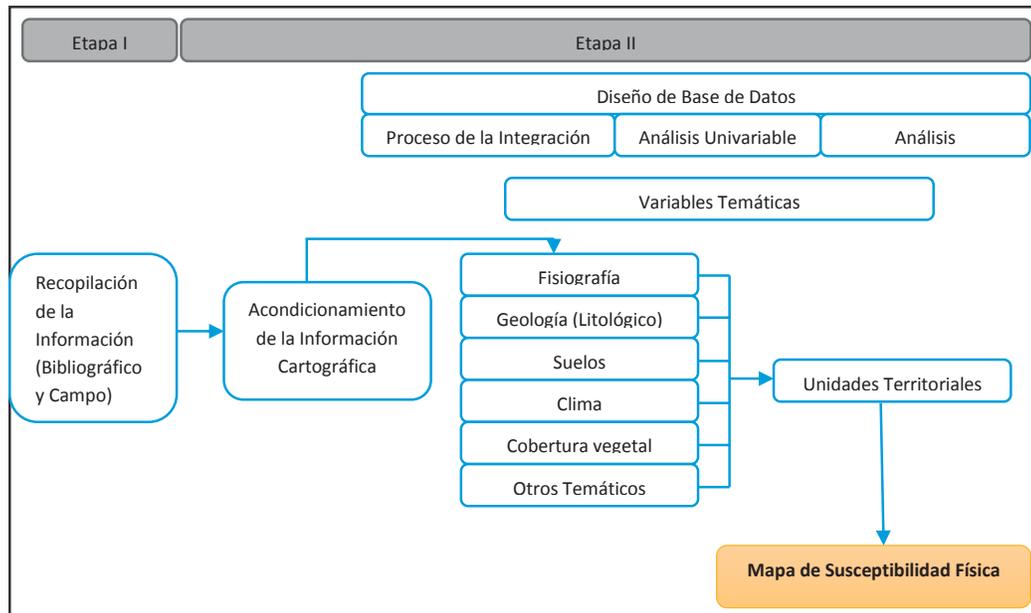


Figura 1: Proceso Metodológico para determinar la Susceptibilidad Física.

**Fuente:** MINAM, 2011.

En la Figura 1, se presenta el proceso metodológico para determinar la Susceptibilidad Física, para lo cual es indispensable contar con las temáticas fisiográficas, geológicas (Litológico), suelos, clima, cobertura, debido a que estas son variables fundamentales que afectan de forma directa a la susceptibilidad del ámbito que se estudia, se pueden agregar otros temáticos a esta base siempre y cuando se desea afinar o dirigir de una manera más detallada el estudio.

### III. MATERIALES Y METODOS

#### 3.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA ZONA EN ESTUDIO

##### A. EXTENSIÓN Y LOCALIZACIÓN

La zona en estudio se encuentra en la parte media de la cuenca del río Abujao margen derecha del río Ucayali, a 59 kilómetros al Sureste de la ciudad de Pucallpa región Ucayali. Geográficamente, se ubica en los paralelos 8°32' y 8°45' LS y los meridianos 73°76' y 74°04' LW. El estudio comprende las comunidades de Sargento Lorens, Bello Horizonte, Santa Rosa del Abujao, 24 de Setiembre, 28 de Julio y Libertad, con un área de 24 528.39 hectáreas, Figura 2.

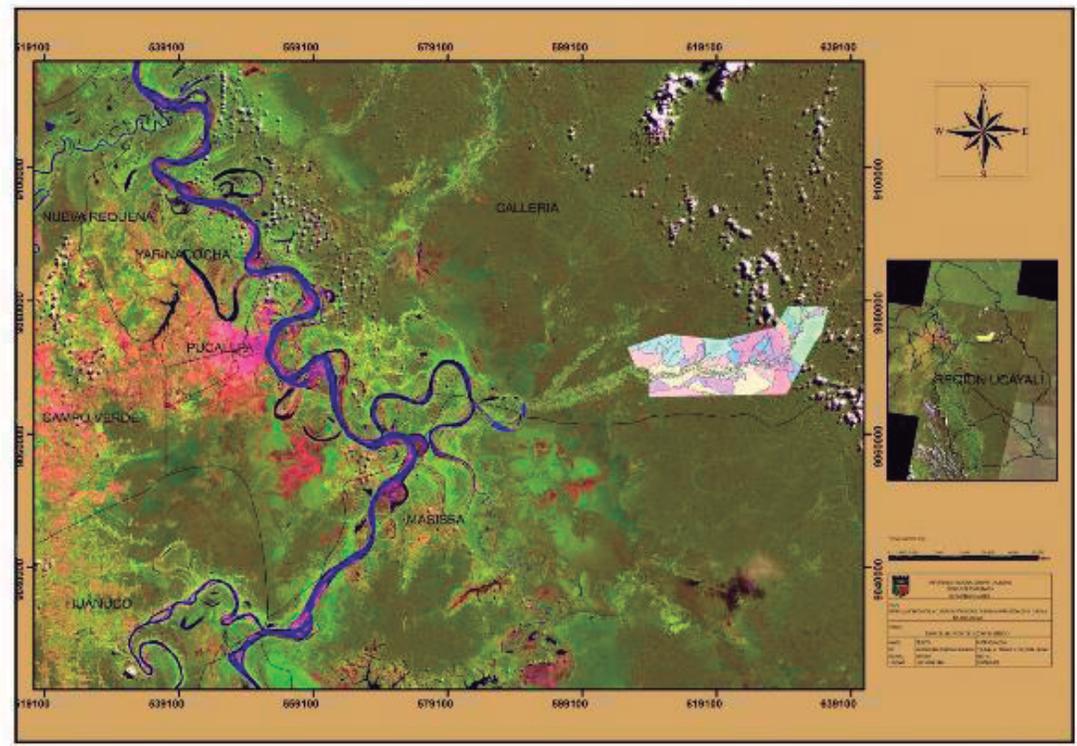


Figura 2: Ubicación de la Zona de Estudio.

**Fuente:** Elaboración propia.

## B. CLIMA

El régimen climático varía conforme se asciende en la cuenca, de semi-húmedo cálido a súper-húmedo cálido, a los que corresponden temperatura media anual de 26,2°C y precipitaciones promedio anuales de 2,000 mm, se han registrado precipitaciones anuales de hasta 4,000 y 5,000 milímetros las cuales dura aproximadamente entre nueve y diez meses (Glave, M., *et al.* 2012).

El régimen de temperatura que se determino fue el Isohypertérmico, el suelo tiene una temperatura media anual mayor de 23°C, con una diferencia de temperatura entre el verano y el invierno menor de 6°C. El régimen de humedad medido en la sección de control de humedad fue el údico, el suelo está seco como máximo 90 días acumulados al año.

## C. ZONA DE VIDA

Según el sistema de clasificación Holdridge (INRENA, 1995), el área de estudio se encuentra sobre dos zonas de vida:

- **bosque húmedo – TROPICAL (bh-T)**

Es típica de selva baja, por debajo de los 350 m.s.n.m. Tiene una biotemperatura anual variable entre los 25.5 °C y 26.5 °C y un promedio de precipitación total por año variable entre 3 500 y 3 800 milímetros.

- **bosque muy húmedo - PREMONTANO TROPICAL (bmh-PT)**

Esta zona de vida es muy amplia centrada entre selva alta y selva baja, generalmente en laderas de moderada y fuerte pendiente, entre altitudes que varían entre 200 y 400 m.s.n.m. Esta tiene una biotemperatura anual media anual que varía entre 24°C y 25.5°C, con un promedio de precipitación anual variable entre 3 000 y 3 500 milímetros.

### **3.2 PROCESO METODOLÓGICO**

Se realizó en seis fases secuenciales:

#### **i. FASE 1. RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN TEMÁTICA Y CARTOGRÁFICA**

Se realizó la recopilación, análisis, adecuación, caracterización y evaluación de la información existente:

- Imágenes Google Earth Pro, ver. 6.2.
- Imágenes digitales LandSat TM 5, año 2014.
- Imágenes de radar SRTM.
- Cartas nacionales Digitales Hoja 17ñ, 17°, 18 ñ y 18o.

#### **ii. FASE 2. GENERACIÓN DE INFORMACIÓN TEMÁTICA Y CARTOGRÁFICA**

Es necesario resaltar que las imágenes fueron trabajadas, se realizó un proceso de ajuste (georreferenciación y realce de su apariencia visual) con la finalidad de poder extraer información útil para el análisis.

La georreferenciación de las imágenes de satélite es quizá el proceso más importante en el procesamiento de imágenes. Las imágenes deben estar correctamente localizadas en un mismo espacio geográfico para que, al momento de hacer el empalme de las mismas, no exista desplazamiento una respecto a otra y el área de traslape tenga continuidad, de imagen a imagen. Esto se aprecia fácilmente en la hidrografía, vías de comunicación (carreteras), cadena de montañas, entre otros aspectos, que presenten características lineales (Cuartero, *et al.*, 2003).

Se generó información sobre fisiografía siguiendo el método del análisis fisiográfico de imágenes satélite, se identificaron las geoformas que componen los paisajes existentes en el área; un mapa de pendientes y un mapa geológico, se utilizaron como auxiliares. El resultado fue un mapa fisiográfico en él se identificaron los siguientes paisajes:

- Terrazas bajas con drenaje moderado a bueno
- Terrazas medias con drenaje bueno
- Terrazas medias con drenaje imperfecto a moderado
- Terrazas altas del pleistoceno
- Colinas bajas del cuaternario
- Colinas bajas del terciario

En esta fase se identificaron los puntos de muestreos en el campo. Ver Cuadro 2.

### iii. FASE 3. GENERACIÓN DE INFORMACIÓN DE CAMPO

En esta fase se realizaron lo respectivos transeptos hacia los puntos de muestreo previamente identificados en el gabinete. Se realizó:

- El reconocimiento de la zona, con el objetivo de identificar y ajustar los niveles fisiográficos, la vegetación y el uso actual del suelo fotointerpretado anteriormente en gabinete y se procedió a:
- La apertura de calicatas hasta la profundidad de 2.00 metros, en ellos se identificaron y caracterizaron los horizontes siguiendo los lineamientos propuestos por el Soil Survey Manual (1993). Las características internas consideradas fueron: espesor, color, estructura (tipo, tamaño y grado), textura al tacto, fragmentos gruesos, consistencia, pH, porosidad, drenaje, permeabilidad. Las características externas, erosión, relieve, vegetación. De cada horizonte se tomó muestras.

Cuadro 2: Ubicación de los Puntos de Muestreos

Código de muestreo	Coordenadas UTM (Sistemas WGS - 84)		Código de muestreo	Coordenadas UTM (Sistemas WGS - 84)	
	Este	Norte		Este	Norte
ABU - 1	612782	9066018	ABU - 21	628963	9071537
ABU - 2	612191	9067463	ABU - 22	624635	9071601
ABU - 3	624544	9067516	ABU - 23	606974	9071650
ABU - 4	628486	9067595	ABU - 24	622355	9071786

Código de muestreo	Coordenadas UTM (Sistemas WGS - 84)		Código de muestreo	Coordenadas UTM (Sistemas WGS - 84)	
	Este	Norte		Este	Norte
ABU - 5	615990	9068022	ABU - 25	619382	9071933
ABU - 6	624200	9068204	ABU - 26	627296	9071961
ABU - 7	628195	9068283	ABU - 27	630127	9071987
ABU - 8	629107	9068350	ABU - 28	631450	9072067
ABU - 9	611952	9068680	ABU - 29	615064	9072176
ABU - 10	615428	9068982	ABU - 30	624683	9072342
ABU - 11	629908	9070025	ABU - 31	608575	9072368
ABU - 12	620031	9070103	ABU - 32	628082	9072467
ABU - 13	624570	9070320	ABU - 33	625060	9073092
ABU - 14	607380	9070417	ABU - 34	611397	9073181
ABU - 15	630623	9070686	ABU - 35	629598	9073707
ABU - 16	619740	9070887	ABU - 36	633805	9074940
ABU - 17	614985	9070959	ABU - 37	632566	9075471
ABU - 18	611061	9071201	ABU - 38	624280	9069405
ABU - 19	623069	9071204	ABU - 39	631249	9079163
ABU - 20	620799	9071222	ABU - 40	633316	9076720

**Fuente:** Elaboración propia.

#### iv. FASE 4. PROCESO DE ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS DE SUELO

Se realizó dos tipos de análisis de laboratorio:

- **Análisis de Caracterización de las muestras de suelos.**

Siguiendo los procedimientos utilizados en el laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Fertilizantes de la Universidad Nacional Agraria La Molina. Se realizaron los siguientes análisis:

- Textura; se determinó la distribución del tamaño de partículas, por el método del Hidrómetro de Bouyoucos.
- Carbón orgánico; se determinó siguiendo el método de Walkley y Black, que consiste en oxidar previamente la materia orgánica con el empleo de bicromato de potasio y ácido sulfúrico comercial, para luego titular con una solución de sulfato ferroso amoniacal de 0,5 N. Se expresa en porcentaje.
- Reacción; el pH del suelo medido en una mezcla de suelo: agua en una relación 1:1 con un potenciómetro Zeromatic Beckman con electrodo de vidrio.
- Calcáreo; el contenido de carbonato de calcio se determinó por el método Gaseo volumétrico, se expresa en porcentaje.

- Fósforo disponible; por el método de Olsen modificado, el fósforo se analizó usando el procedimiento cloromolibdico y se expresa en parte por millón (ppm).
- Potasio disponible; extracción con acetato de amonio ( $\text{CH}_3\text{-COONH}_4$ )N a pH 7.0.
- Capacidad de Intercambio de Cationes (CIC); se determina mediante el método de acetato de amonio (1 N  $\text{NH}_4\text{OAc}$  pH 7). Se expresa en meq/100 gr de Suelo. (Soil Survey Staff, 2014).
- Cationes cambiables; se determinaron en el extracto de acetato de amonio pH 7; y sus concentraciones se realizaron a través de la fotometría de absorción atómica de flama.

- **Análisis Mineralógico de las muestras de los perfiles modales.**

La Difractometría de Rayos X, se realizó en el laboratorio de Difractometría de Rayos X de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. El equipo es un difractómetro de marca BUKER, modelo D8-FOCUS, la cual empleo un tubo de Cu, cuya longitud de onda correspondiente a K-Cu es  $=1.5406\text{Å}$ . Las características de trabajo fueron:

- Rango angular de análisis ( $2\theta$ )
  - Inicio:  $4^\circ$ .
  - Final:  $70^\circ$ .
  - Paso:  $0.04^\circ$ .
  - Tiempo por paso: 2 seg.
- Generador Rayos-X:
  - Voltaje de salida del tubo= 40 kV.
  - Corriente de salida del tubo = 40 mA.
- Tipo de detector:
  - Contador de centelleo.

Las muestras fueron preparadas siguiendo los pasos siguientes: Después del secado al aire, se le seca en la estufa por dos horas, luego se procede al tamizado por una malla de -350, y se pesa 4 a 10 gramos de muestra, para su posterior traslado al laboratorio de difracción de rayos X en UNMSM.

Para este proceso el equipo emite un flujo o haz colimado (alineado) de rayos X monocromático de longitud de onda que incide sobre la muestra a analizar, la cual produce haces difractados que obedece a la ley de Bragg (1913), esta ley permite la determinación de las distancias interplanares que depende específicamente de los parámetros de red (a, b, c, alfa, beta, gamma) y de los índices de Miller; los cuales son característicos de cada cristal mostrando los valores perturbados debido a imperfecciones cristalinas. (Citado por Díaz, 2000).

$$\text{Ley de Bragg: } n\lambda = 2d \text{ sen } \theta$$

Donde:

$\theta$	:	ángulo en grado (°)
$\lambda$	:	longitud de onda
n	:	número entero de las órdenes de difracción.
d	:	distancia interplanar en Å

Para determinar el porcentaje de presencia de las fases (análisis semi-cuantitativo) se utilizó el método Rietveld que se encuentra implementado en el software TOPAS.

Este software estima en forma semi-cuantitativa en función de la intensidad (área bajo el pico) y reflexiones características propias de cada mineral, comparando con los patrones y con la evidencia de picos relacionados a la simetría de los planos internos de cada mineral.

#### v. **FASE 5. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DE LOS SUELOS.**

Para este aspecto se siguió las definiciones y nomenclaturas establecidas en el Keys to Soil Taxonomy (Soil Survey Staff, 2014) hasta el nivel de familia para lo cual se empleó la información mineralógica obtenida, la cual sirvió para relacionarlo con el desarrollo de los suelos en el área. El resultado fue expresado en un mapa. Para la confección del mapa de suelos se empleó los siguientes programas:

a) Arc View Gis 3.2a.

c) ArcGis 10.0

b) Google Earth Pro.

d) Autocad 3D Civil 2012.

## a. DESCRIPCIÓN DE LAS UNIDADES CARTOGRÁFICAS Y TAXONÓMICAS

La descripción de los suelos, se efectuó tomando como base las normas y criterios establecidos en el U.S. Soil Survey Manual 1993; para la Clasificación natural o Taxonómica, se tomaron como base las definiciones y criterios establecidos en la Taxonomía del suelo (Soil Survey Staff, 2014).

## b. DEFINICIONES

### • UNIDADES EDÁFICAS O TAXONÓMICAS

Es el nivel de abstracción o clasificación definido dentro de un sistema taxonómico. La unidad taxonómica, está referida a cualquier categoría dentro de un sistema de clasificación. La categoría se define como un conjunto de suelos agrupados al mismo nivel de abstracción o generalización.

El sistema de clasificación empleado fue el del Soil Taxonomy (2014). Este sistema considera seis categorías:

- Orden
- Suborden
- Gran Grupo
- Sub Grupo.
- Familia.
- Serie

Para el presente trabajo se ha llegado hasta el nivel categórico de **Familia**.

### ○ Orden

Categoría que agrupa suelos diferenciados por la presencia o ausencia de horizontes diagnósticos, o por características que expresen las diferencias en el grado y clase de los procesos de formación.

○ **Sub orden**

Categoría que agrupa suelos según su homogeneidad genética. Se establece mediante la subdivisión de órdenes, en base a la presencia o ausencia de características asociadas con humedad, regímenes humedad, regímenes de temperatura, material parental y estado de la descomposición de la vegetación.

○ **Gran grupo**

Categoría que agrupa suelos que tienen en común las siguientes propiedades:

- Estrecha similitud en la clase, arreglo y grado de expresión de sus horizontes.
- Estrecha similitud en los regímenes de humedad y temperatura.
- Presencia o ausencia de horizontes de diagnóstico (fragipan, duripan, petrocalcico, petrogypico, plintita, etc.)
- Similitud en el nivel de saturación de bases.

○ **Sub grupo**

Categoría que agrupa suelos que tienen propiedades, aunque aparentemente subordinadas, aun son rasgos de procesos importantes de desarrollo edáfico.

Existen tres clases de subgrupos:

- El “concepto central” que tipifica el gran grupo.
- Los intergrados o transiciones a otros órdenes, sub órdenes y grandes grupos.
- Los extragrados que tienen algunas propiedades no representativas del gran grupo y que no indican transición o alguna clase conocida de suelos.

○ **Familia**

Categoría que agrupe suelos de un sub grupo que tienen propiedades químicas y físicas similares, pero que difieren sus respuestas al uso y

manejo.

- **UNIDADES CARTOGRÁFICAS O DEL MAPA**

La unidad cartográfica es el área delimitada y representada por un símbolo en el mapa de suelos. Esta unidad está definida y nominada en base a su ó sus componentes predominantes, los cuales pueden ser unidades taxonómicas con sus fases respectivas o áreas misceláneas o ambas. Asimismo, puede contener inclusiones de otros suelos o áreas misceláneas con las cuales tiene estrecha vinculación geográfica.

En el presente estudio las unidades cartográficas empleadas son las Consociaciones y Fases de suelos.

- **Consociación**

Es una unidad cartográfica que tiene un componente en forma dominante, el cual puede ser edáfico o área miscelánea, pudiendo, además, contener inclusiones. Cuando se trata de Consociaciones en las que predomina un suelo, las inclusiones, ya sea de otros suelos ó de áreas misceláneas no deben comprender más del 15% de la unidad. La Consociación es nominada por el nombre de la unidad edáfica ó área miscelánea dominante, anteponiéndole la palabra Consociación.

- **Fase de Suelo**

Es un grupo funcional creado para servir propósitos específicos en los estudios de suelos. La fase puede ser definida para cualquier clase de las categorías mencionadas, esta se establece sobre criterios prácticos en base a ciertas características importantes que inciden en el uso o manejo de los suelos. Ejemplo: Fases por pendiente.

- **Fase por pendiente**

Se refiere a la inclinación que presenta la superficie del suelo con respecto a la horizontal; está expresada en porcentaje, es decir la

diferencia de altura en 100 metros horizontales. Para los fines del presente trabajo, se ha determinado ocho (08) rangos de pendiente. Ver cuadro 3.

Cuadro 3: Clasificación del Suelo en Fases por Pendiente

<b>Término descriptivo</b>	<b>Rango (%)</b>	<b>Símbolo</b>
Plana a Casi a nivel	0 – 2	A
Ligeramente inclinada	2 – 4	B
Moderadamente inclinada	4 – 8	C
Fuertemente inclinada	8 – 15	D
Moderadamente empinada	15 – 25	E
Empinada	25 – 50	F
Muy empinada	50 – 75	G
Extremadamente empinada	> 75	H

**Fuente:** Decreto Supremo N° 017-2009-AG.

#### vi. FASE 6. SUSCEPTIBILIDAD DE LOS SUELOS

Del análisis de las características taxonómicas y ambientales, se derivó el grado de susceptibilidad de los suelos siguiendo el proceso SIG, y el método del Análisis Multivariable (MINAM, 2011).

Este método se realizó utilizando los mapas temáticos de suelo, fisiografía, vegetación, uso actual de la tierra, pendiente (elaboración propia) y geología (elaborado por el INGEMMET). El análisis multivariable consiste en la integración de las características físicas y biológicas con la finalidad de obtener un índice de Susceptibilidad. Se aplicó un modelo matemático denominado “Promedio geométrico ponderado”:

$$S = Fi*0.2 + Ge*0.2 + CoUs*0.1 + Pe*0.2 + Pp*0.1 + Sue*0.2$$

Dónde:

**S** = Susceptibilidad  
**Fi** = Fisiografía  
**Ge** = Geología

<b>CoUs</b>	=	Cobertura vegetal y Uso de la Tierra
<b>Pe</b>	=	Pendiente
<b>Pp</b>	=	Precipitación
<b>Sue</b>	=	Suelo

Para determinar la susceptibilidad de los suelos en el área de estudio, se aplicó criterios numéricos o valores según las características que presentan cada variable, cuadro 4.

Cuadro 4: Criterio Numérico y Valor de Susceptibilidad

Criterio Numérico	Valor de Susceptibilidad
1 – 2	Ligera Susceptibilidad
2 – 3	Moderada Susceptibilidad
3 – 4	Fuerte Susceptibilidad

**Fuente:** Elaboración propia.

A continuación, se describe los parámetros para cada variable de la zona en estudio:

- **FISIOGRAFÍA.** -

Estudia las geoformas en el área, para esta variable se muestra la escala, cuadro 5.

Cuadro 5: Escala de Calificación para las Unidades Fisiográficas

Sub Paisaje	Elemento del Paisaje	Criterio Numérico
Colinas Bajas del Terciario	Fuertemente disectadas	4
	Moderadamente disectadas	4
	Ligeramente disectadas	3
Colinas Bajas del Cuaternario	Fuertemente disectadas	4
	Moderadamente disectadas	4
	Ligeramente disectadas	3
Terrazas Altas	Disectado	3
	Ondulado	2
	Plano	1
Terrazas Medias	Disectado	3
	Ondulado	2
	Plano	1
Terrazas bajas	No inundable	1

**Fuente:** Elaboración propia.

- **GEOLOGÍA. -**

Se refiere al tipo de material del cual se originó el suelo, esta variable muestra la siguiente escala, Cuadro 6.

Cuadro 6: Escala de Calificación para Unidades Litoestratigráficas

Unidades Litoestratigráficas	Criterio numérico
Deposito Aluvial Reciente	4
Deposito Aluvial Subreciente	1
Formación Ucayali (Areniscas Limoarcillosas)	2
Formación Ipururo (Areniscas)	3
Formación Chambira (Limoarenitas)	4

**Fuente:** Elaboración propia.

- **COBERTURA VEGETAL Y USO DE LA TIERRA. -**

Se relaciona con la cobertura vegetal y el uso que le otorga el hombre a la tierra, para esta variable se muestra la siguiente escala, cuadro 7.

Cuadro 7: Escala de calificación de acuerdo a la Cobertura y Uso de la Tierra.

Cobertura y Uso Actual de la Tierra	Criterio numérico
Centros Poblados	3
Bosques Primarios	2
Bosques Secundarios	2
Terrenos con Cultivos estacionarios y/o Purmas jóvenes	3
Terrenos con Limitaciones de Uso	4

**Fuente:** Elaboración propia.

- **PENDIENTE. -**

Se relaciona al grado de inclinación del relieve, esta variable muestra la siguiente escala, cuadro 8.

Cuadro 8: Escala de calificación de acuerdo a la pendiente y el relieve.

Pendiente	Relieve	Criterio numérico
0-2 %	Plano o casi a nivel	1
2-4 %	Ligeramente inclinado	1
4-8 %	Moderadamente inclinado	2
8-15 %	Fuertemente inclinado	2

Pendiente	Relieve	Criterio numérico
15-25 %	Moderadamente empinado	3
25-50 %	Empinado	3
50-75 %	Muy empinado	4
75 %- a más	Extremadamente empinado	4

**Fuente:** Elaboración propia.

- **PRECIPITACIÓN. -**

Se relaciona a milímetros de precipitación pluvial en la zona en estudio, para esta variable se muestra la siguiente escala, cuadro 9.

Cuadro 9: Escala de calificación de acuerdo a la Precipitación según Zona de Vida.

Zona de Vida Ecológica	Precipitación	Criterio Numérico
Bosque húmedo - Tropical	3500 - 3800	3
Bosque muy húmedo - Premontano tropical	3000 - 3500	3

**Fuente:** Elaboración propia.

- **SUELOS. -**

Se basa en las características naturales (físicas y químicas) importantes que pueden producir susceptibilidad a los suelos. Las clases texturales que presentan los suelos también son parte fundamental para producir susceptibilidad a un ecosistema; por ejemplo, si tenemos un suelo con textura franco arenoso en un pendiente de más de 50 % es más susceptible que un suelo con la misma textura y con una pendiente de 2 % que es más estable. Ver cuadro 10.

Cuadro 10: Escala de calificación de acuerdo con la textura presente en los primeros 30 centímetros de los suelos identificados.

Grupos Texturales		Criterio numérico
Grupos	Textura	
Gruesa	Arena	4
	Arena franca	4
Moderadamente gruesa	Franco arenoso	3
Media	Franco	3
	Franco limoso	3

Grupos Texturales		Criterio numérico
Grupos	Textura	
	Limoso	3
Moderadamente Fina	Franco arcilloso	2
	Franco arcillo limoso	2
	Franco arcillo arenoso	2
Fina	Arcillo arenoso	1
	Arcillo limoso	1
	Arcilloso	1

**Fuente:** Elaboración propia.

Luego, dentro la tabla de atributos en el programa ArcGis, para cada temático, se le creó una fila nueva, la cual, se le puso el nombre de Valor\_Num, en donde se colocó los valores de criterio numérico según el temático a que corresponda, esto sirvió para proceder a realizar el modelamiento según la ecuación de susceptibilidad de suelos planteada anteriormente.

## **IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Esta parte se inicia mostrando, cuadro 11, los suelos del área agrupados, según la Soil Taxonomy 2014, en las cuatro categorías superiores: Orden, Suborden, Grangrupo y Subgrupo y que son de uso habitual. A continuación, se analizará la implicancia de características y propiedades de los suelos, derivados o inmersos en procesos fisiográficos y geológicos, en el referido agrupamiento. Finalmente, los suelos ingresaran, taxonómicamente, dentro de las dos categorías faltantes, familia y serie, con el auxilio del análisis mineralógico y otros análisis especiales: valor n, densidad aparente, distribución del tamaño de partículas y clase de actividad del intercambio catiónico.

### **4.1 SUELOS Y SU CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA**

La identificación de los tipos de suelos genera su clasificación, esta puede realizarse considerando su origen o sus características pedológicas.

#### **D. ORIGEN**

- **SUELOS DERIVADOS DE MATERIALES FLUVIÓNICOS.**

Estos suelos se forman a partir de materiales depositados regularmente en ambas márgenes de un curso de agua, ocupando áreas en forma de franjas angosta y que se encuentren sujetas o no a inundaciones periódicas. Son de escaso o ningún desarrollo genético, su morfología es estratificada, de textura variable, son moderadamente profundos a superficiales.

- **SUELOS DERIVADOS DE MATERIALES ALUVIALES ANTIGUOS.**

Estos suelos se forman a partir de sedimentos depositados y que posteriormente no reciben material adicional. Presentan desarrollo genético con horizonte cámbico a argílico. Son profundos a moderadamente profundos. Su reacción es ácida con alto contenido de aluminio cambiante y de fertilidad baja.

- **SUELOS DERIVADOS DE MATERIALES RESIDUALES.**

Estos suelos están desarrollados a partir de materiales derivados de la alteración de arcillitas y areniscas. Se encuentran distribuidas en la parte nor-este en el área de estudio y ocupan posiciones fisiográficas con amplio rango de pendientes y amplia variación en su desarrollo genético. Presentan texturas medias, con reacción variable y una fertilidad media a baja.

## **E. MORFOLOGÍA Y GÉNESIS**

Las características pedológicas del perfil permiten su clasificación en unidades edáficas o unidades de suelos.

En la zona de estudio se han identificado diecisiete unidades de suelos, agrupados en tres órdenes: Entisols, Inceptisols y Ultisols (*Soil Taxonomy 2014*), todos estos con un grado de desarrollo indicado por la presencia de horizontes y características de diagnóstico, los cuales se han formado por la acción de los diferentes factores y procesos de formación, cuadros 11 y 12.

- **ENTISOLS**

Con una extensión en la zona de 1 555.35 ha., son los suelos minerales menos desarrollados, con horizonte de diagnóstico superficial ócrico y sin presencia de horizonte de diagnóstico subsuperficial, presentan una secuencia de horizontes genéticos A-C. Se ha identificado el Sub Orden Fluvents, Gran Grupo Udifluvents, formado por depósitos del río y quebradas. El suelo Nejilla representa a este grupo de suelos.

- **INCEPTISOLS**

Con una extensión en la zona de 16 785.24 ha., son suelos con desarrollo incipiente a moderado, poseen una secuencia de horizontes genéticos A-Bw-C, y horizontes de diagnósticos ócrico y cámbico, encontrándose en la zona el Suborden Udepts y dos Grandes Grupos: Eutrudepts y Dystrudepts, los primeros, son suelos con elevada saturación de bases (60%), en este gran grupo

se encuentran los suelos Huasai, Capirona, Shimbillo y Palmera; por otro lado, los Dystrudepts, presentan baja saturación de bases, en este gran grupo se encuentran los suelos Colina, Santa Rosa, Horizonte, Shebon, Mohena, Tornillo, Uvilla, Libertad y Sargento.

- **ULTISOLS**

Con una extensión en la zona de 6 178.80 ha., son suelos muy desarrollados y se hallan bajo condiciones de intensa meteorización, mostrando una secuencia de horizontes genéticos A-Bt-C, y horizontes de diagnósticos ócrico y argílico. Se distingue al Suborden Udults, Grangrupo Hapludults, propio de climas tropicales húmedos. Los suelos Cedro, Caoba y Pijuayo se incluyen dentro de este orden.

Cuadro 11: Unidades Taxonómicas identificados en el área de estudio.

<i>SOIL TAXONOMY (2014)</i>				<i>NOMBRE COMÚN DE LOS SUELOS</i>
<i>ORDEN</i>	<i>SUB ORDEN</i>	<i>GRAN GRUPO</i>	<i>SUB GRUPO</i>	
Entisols	Fluents	Udifluents	Typic Udifluents	Nejilla
Inceptisols	Udepts	Eutrudepts	Dystric Fluventic Eutrudepts	Huaisai
				Shimbillo
			Dystric Eutrudepts	Capirona
				Palmera
		Dystrudepts	Fluventic Dystrudepts	Colina
				Shebon
				Mohena
				Santa Rosa
				Horizonte
				Uvilla
				Libertad
Typic Dystrudepts		Tornillo		
		Sargento		
Ultisols	Udults	Hapludults	Inceptic Hapludults	Cedro
			Typic Hapludults	Caoba
				Pijuayo

**Fuente:** Elaboración propia

Cuadro 12: Características generales de los Suelos identificados en el área de estudio.

Suelo	Clase Textural (Sección Control)	Material parental	Fisiografía	Pend. (%)	Drenaje	Fertilidad del suelo	Profundidad efectiva
Nejilla	Franco sobre Arena franca	Aluvial reciente	Terraza baja	0 a 8	Moderado	Baja	Moderadamente profunda
Sargento	Arena franca a Franco arenoso	Aluvial Subreciente	Terraza media	0 a 8	Moderado	Baja	Profunda
Shebon	Franco arenoso a Franco arcillo arenoso	Aluvial Subreciente	Terraza media	0 a 8	Bueno	Baja	Moderadamente Profunda
Shimbillo	Franco sobre Arcilla	Aluvial Subreciente	Terraza media	2 a 8	Bueno	Baja	Moderadamente profunda
Uvilla	Franco a Franco arcilloso	Aluvial Subreciente	Terraza media	2 a 8	Bueno	Baja	Moderadamente profunda
Santa Rosa	Franco arenoso a Franco arcilloso	Aluvial Subreciente	Terraza media	4 a 8	Bueno	Baja	Moderadamente profunda
Pijuayo	Franco arenosa a Franco	Aluvial antiguo	Terraza alta	0 a 8	Bueno	Baja	Profunda
Horizonte	Arena franca a Franco arenoso	Aluvial antiguo	Terraza alta	4 a 8	Moderada	Baja	Moderadamente profunda
Mohena	Franco a Arcilla	Aluvial Antiguo	Terraza alta	4 a 8	Bueno	Baja	Moderadamente profunda
Huasai	Franco arenoso a Arcillo arenoso	Residual de Areniscas	Colina baja del cuaternario	15 a 25	Bueno	Baja	Profunda
Cedro	Franco arenoso a Arcilla	Residual de Areniscas	Colina baja del cuaternario	15 a 50	Moderado	Baja	Profunda
Libertad	Franco arcilloso a Franco arcillo arenoso	Residual de Areniscas	Colina baja del cuaternario	15 a 50	Bueno	Baja	Profundos
Caoba	Franco arenoso a Franco arcillo arenoso	Residual de Areniscas	Colina baja del cuaternario	15 a 75	Bueno	Baja	Profunda
Tornillo	Arena franca a Franco arcilloso	Residual de Areniscas	Colina baja del cuaternario	15 a 75	Moderado	Baja	Moderadamente profunda
Colina	Franco arenoso a Franco arcillo arenoso	Residual de limo arenitas	Colina baja del terciario	15 a 25	Bueno	Baja	Profunda
Capirona	Franco arenoso a Franco	Residual de limo arenitas	Colina baja del terciario	15 a 75	Moderado	Baja	Moderadamente Profunda
Palmera	Franco arcilloso a Arcilla	Residual de limo arenitas	Colina baja del terciario	15 a 75	Moderado	Baja	Moderadamente profunda

**Fuente:** Elaboración propia.

## 4.2 GÉNESIS DE LOS SUELOS

Los suelos se formaron por la interacción de varias condiciones o fuerzas que accionaron sobre la roca madre; el clima, el relieve, los organismos (vegetación, microorganismo, hombre) y el tiempo, todos estos junto a la roca madre son los factores de formación. Al respecto Jenny (1941), propuso la siguiente expresión matemática:

$$S = f (Cl, O, R, P, T)$$

Siendo: S, Suelo influenciado y formado por los factores; Cl (Clima); O (Organismos); R (Relieve); P (Material parental); T (Tiempo). Según la intensidad con que intervienen estos factores, se producen ciertos tipos de suelos, por eso es esencial estudiar la génesis con respecto a ella.

### 4.2.1 CLIMA

Los suelos dentro de la zona de estudio, son fuertemente afectados por la presencia de altas precipitaciones, generando un régimen údico, donde el suelo está seco, en la sección control no más de 90 días acumulados por año y por la elevada temperatura (más de 23°C en promedio anual), generando un régimen Isohypertérmico, donde la temperatura en el suelo a 50 centímetros de profundidad es mayor de 22°C, y la media de verano e invierno difieren en menos de 6°C, esto permite que se desarrolle una exuberante flora y fauna, sobre y dentro del suelo.

En este clima cálido y muy húmedo, la meteorización del material parental y con ello el desarrollo del suelo es rápido y profundo, por lo que casi todos los suelos encontrados en la zona de estudio presenta una profundidad efectiva que van de moderadamente profunda a profunda, a excepción del suelo Nejilla, que con una profundidad efectiva moderadamente profunda, no está influenciada por el factor climático, más bien está influenciado por los diversos materiales parentales, que se fueron acumulando año tras año por las crecientes del río.

Asimismo, la alta precipitación de la zona actúa en el desarrollo del perfil de forma drástica, ocasionando el lavado y la pérdida de las bases del suelo, así como la

acumulación de los dióxidos de hierro y aluminio; igualmente, la temperatura controla la tasa de reacción de la actividad bioquímica de los organismos en el suelo que aumenta, a la vez que la temperatura se incrementa (White et al, 1999). Todos los suelos que se encuentran en la zona de estudio son afectados por ambos procesos climáticos, en consecuencia, la materia orgánica no se acumula, se descompone rápidamente por la actividad microbial producto del efecto catalizador de la alta temperatura, del mismo modo, los suelos ácidos son el producto del proceso de la lixiviación que se produce por las fuertes precipitaciones en la zona, la cual es indiferente del material parental original.

Según Rodríguez (IIAP, 1995), la influencia del material parental en los suelos de la Amazonía no se manifiesta con claridad, y menciona a Zavaleta (1992), que en la zona de Tournavista - Pucallpa, encontró que, a pesar que el material parental es calcáreo, los suelos son ácidos, debido a la influencia de la alta precipitación existente.

La ubicación de los suelos también es importante y está relacionado con la Fisiografía presente, cuadro 13. Aquellos que se localizan en las unidades fisiográficas de terrazas altas y colinas bajas presentan un grado de desarrollo moderado a muy elevado, dado que por su antigüedad están expuestos por mucho más tiempo al factor Clima; muchos de ellos presentan una saturación de bases muy baja y pH bajo en todo su perfil, calificándoselos como pertenecientes al Orden de los Ultisols: Suelos Pijuayo, Cedro y Caoba, otros son menos desarrollados como los Inceptisols distrícos, Suelos Colina, Libertad, Tornillo, Mohena y Horizonte. Algunos presentan un pH bajo, pero con una saturación de bases superior al 60 % en sus primeros 75 centímetros, son los Inceptisols eutrícos, Suelos Palmeras, Capirona y Huasai.

Los suelos que se localizan en unidades fisiográficas de terrazas medias, presenta un grado de desarrollo moderado, al estar expuestos al factor de formación Clima por un tiempo menor, estos presentan un pH bajo, algunos presentan una saturación de base baja. Suelos: Santa Rosa, Uvilla, Shebon y Sargento y otros con saturación de base encima del 60 %, Suelo Shimbillo.

Finalmente, el suelo que se localiza sobre la unidad fisiográfica de terrazas bajas, presentan un grado de desarrollo casi incipiente, es decir ha estado expuesto a los efectos del Clima por un breve tiempo, por lo tanto, el desarrollo de su perfil casi no existe, todas sus características químicas y físicas le fue heredada de los diversos materiales parentales que fue acumulando año tras año por las crecidas del río. Este suelo pertenece al Orden Entisols (Suelo: Nejilla).

Cuadro 13: Unidades Fisiográficas de la Cuenca Media del Río Abujao.

UNIDADES FISIOGRAFICAS								Superficie				
Gran Paisaje	Paisaje	Sub-Paisaje	Superficie		Elemento del Paisaje	Pend.	Código Fisiog.	Total				
			Ha	%				Ha	%			
Planicies	Llanura Aluvial reciente	Terrazas Bajas con drenaje Moderado a Bueno	1555.35	6.34	No Inundable	A	Tb1/A	553.62	2.26			
						B	Tb1/B	960.34	3.92			
						C	Tb1/C	41.39	0.17			
	Llanura Aluvial Subreciente	Terrazas Medias con Drenaje Bueno	3012.6	12.28	Plano	A	Tm1/A	287.11	1.17			
						B	Tm1/B	279.61	1.14			
						C	Tm1/C	558.31	2.28			
					Ondulado	B	Tm2/B	168.28	0.69			
						C	Tm2/C	561.72	2.29			
					Disectado	B	Tm3/B	30.13	0.12			
						C	Tm3/C	1127.44	4.59			
					Terrazas Medias con Drenaje Imperfecto a Moderado	2634.81	10.74	Ondulado	A	Tmw2/A	509.62	2.08
									B	Tmw2/B	799.26	3.26
	C	Tmw2/C	1325.93	5.41								
	Llanura Aluvial Antigua o Pleistocénica	Terrazas Altas	9033.52	36.83	Plano	A	Ta1/A	458.59	1.87			
						B	Ta1/B	1569.85	6.40			
						C	Ta1/C	1879.55	7.66			
					Ondulado	B	Ta2/B	1458.91	5.95			
						C	Ta2/C	1673.60	6.82			
Disectado					B	Ta3/B	605.03	2.47				
					C	Ta3/C	1387.99	5.66				
Colinoso	Plioceno	Lomadas	499.28	2.04	Ondulado	D	CLQo/D	499.28	2.04			
		Colinas Bajas	3309.81	13.49	Ligeramente Disectada	E	CbQ1/E	1643.60	6.70			
					Moderadamente Disectada	F	CbQ2/F	1443.66	5.89			
	Fuertemente Disectada				G	CbQ3/G	222.55	0.91				
	Mioceno	Colinas Bajas	3872.30	15.79	Ligeramente Disectada	E	CbT1/E	2702.59	11.02			
					Moderadamente Disectada	F	CbT2/F	1011.44	4.12			
					Fuertemente Disectada	G	CbT3/G	158.27	0.65			
<b>Centros Poblados</b>			<b>68.18</b>	<b>0.28</b>			Cp	68.18	0.28			
<b>Ríos y Lagos</b>			<b>542.54</b>	<b>2.21</b>				542.54	2.21			
<b>Total</b>			<b>24528.39</b>	<b>100.00</b>				24528.39	100.00			

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.2.2 ORGANISMOS

Los suelos de la zona de estudio presentan una gran actividad con respecto a los organismos; la vegetación manifiesta su influencia con el aporte de materia orgánica, la cual es descompuesta de manera rápida por la meso y micro fauna del suelo, al mismo tiempo, las raíces de los árboles penetran en el suelo produciendo el ingreso de la materia orgánica a las zonas profundas del perfil del suelo y con ello a microorganismos que ayudaran en la formación de su estructura (IGAC, 2009).

En su totalidad, los suelos presentan una profundidad efectiva moderadamente profunda a profunda, con una estructura granular en el horizonte A por la directa influencia de la materia orgánica descompuesta proveniente de la vegetación que la rodea; de igual manera, casi todos los suelos presentan una estructura blocosa subangular en el horizonte B, debido a que las raíces ingresaron a esta capa, la cual promueve el movimiento de la materia orgánica a estas profundidades, y por ende ayuda en el desarrollo de la estructura dentro del perfil, asimismo en este horizonte se produce la acumulación por proceso de iluviación de las arcillas.

El suelo Nejilla no presenta este horizonte B debido a estar situada sobre una unidad fisiográfica de terraza baja la cual presenta inundaciones estacionales que no le permite el desarrollo eficiente de la vegetación y de los microorganismos por lo que no pueden ingresar a estas profundidades limitando el desarrollo del pedón. Se demuestra que en los lugares donde no puede ingresar las raíces de los árboles, no se desarrolla estructura alguna, ya que no existe el ingreso de la materia orgánica ni de los microorganismos que en ella existen.

También se puede observar que todos los suelos presentan una buena tasa de mineralización del material orgánico, su rápida descomposición posiblemente sea proveniente de una alta actividad microbial, la cual es favorecida por la buena precipitación pluvial y la elevada temperatura que se produce en la zona formando en los suelos un horizonte de diagnóstico superficial ócrico

El hombre, se puede considerar como un factor de la formación del suelo, pero más que un ente formativo debería ser considerado un ente destructivo del suelo, en especial

cuando se realiza un manejo inadecuado al talar y quemar el bosque para la implementación de actividades agrícolas, las cuales favorecen la erosión y pérdida del suelo (IGAC, 2009). Sin embargo, en la zona de estudio el hombre no tiene gran influencia en la formación o destrucción de los suelos ya que su actividad aun no es tan intensiva como en los lugares próximos a las grandes ciudades como lo es la ciudad de Pucallpa, Figura 3.

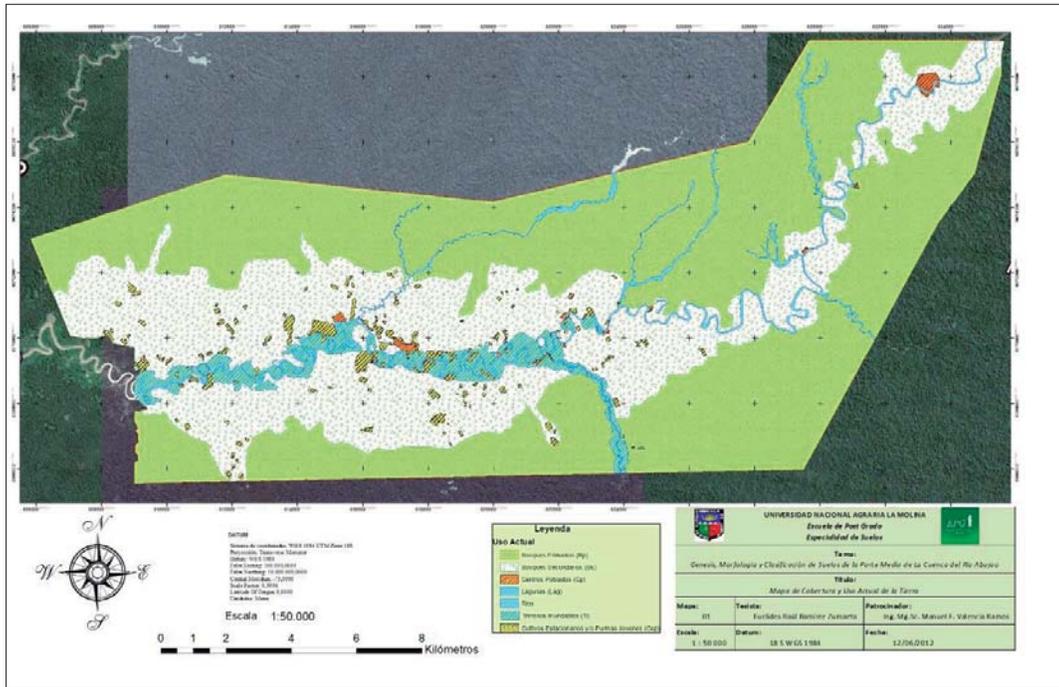


Figura 3: Mapa de Cobertura y Uso actual de la Tierra.  
Fuente: Elaboración propia.

#### 4.2.3 MATERIAL PARENTAL

El material parental se ha considerado como un factor de formación pasivo en la génesis y evolución de los suelos, constituye la materia prima sobre la cual actúan los factores dinámicos de clima y organismos (IGAC, 2009).

Como se mencionó anteriormente, la influencia del material parental en los suelos de la Amazonia no se manifiesta con claridad (Rodríguez, 2005). Zavaleta (1992) reporta, que en la zona de Tournavista y Pucallpa el material parental es calcáreo, por lo tanto, los suelos deberían ser más fértiles, sin embargo, los suelos son ácidos, debido a la influencia de otros factores, principalmente el clima. En los suelos aluviales de

formación reciente se observa la influencia del material sedimentario en la fertilidad de los suelos.

Al relacionar el material parental con la geología (Litoestratigraficas) podemos observar cómo se encuentran distribuidas las rocas en el espacio y en el tiempo, así como su grado de meteorización, características que influyen en la formación y el grado de desarrollo de los suelos. Las formaciones geológicas indican la distribución de las rocas. Según De la Cruz, et al. (1997), en el área se identificaron las siguientes unidades geológicas (Litoestratigraficas), Cuadro 14 y Figura 4.

Cuadro 14: Unidades Litoestratigraficas presentes en la zona de estudio.

Eratema	Sistema	Serie	Unidades Litoestratigraficas	Ha.	Porc. ( %)
Cenozoica	Cuaternario	Holoceno	Deposito Aluvial Reciente	1 555,35	6,34
			Deposito Aluvial Subreciente	5 647,40	23,02
		Pleistocena	Formación Ucayali	9 033,52	36,83
	Neógeno	Plioceno	Formación Ipururo	3 809,08	15,53
		Mioceno	Formación Chambira	3 872,31	15,79
<b>Ríos, Lagos y otros</b>				610,70	2,49
<b>TOTAL</b>				24 528,39	100,00

**Fuente:** Elaboración propia.

#### **i. FORMACIÓN CHAMBIRA:**

La litología está constituida de limoarenita de color pardo rojizo y areniscas calcáreas, de color blanco grisáceo, también se pueden encontrar estratos de limoarcillitas pardo rojizas interestratificada con areniscas calcáreas, la estratificación es bien marcada en las areniscas calcáreas, las cuales presentan en conjunto poca coherencia lo que favorece el desarrollo de movimientos de masa, como derrumbes y deslizamientos. Se desarrolla sobre relieve de colinas altas y bajas, sus relieves son de baja estabilidad.

Los suelos que tuvieron su génesis a partir de esta unidad geológica son: los suelos Capirona, Colina y Palmera. Tanto los suelos Capirona y Palmeras, presentan ciertas características inherentes al material parental original, aunque en la zona existe una fuerte precipitación que procedió a lixiviar casi todos los elementos minerales, no ha sido determinante para eliminar con eficiencia el calcio del coloide arcilloso,

presentándose en su CIC datos que superan los 10.00 meq /100 gr. de suelo, lo que determina que su porcentaje de saturación de bases por suma de cationes sean superiores al 60 % y con ello sean considerados taxonómicamente dentro del Sub grupo Eutrudepts. Mientras el suelo Colina, como se encuentra cerca de los ríos y quebradas, al ser estas más encajonadas y presentarse una creciente muy fuerte con lluvias intensas, se produce un elevado lavado de sus bases y una disminución más contrastante del calcio en su CIC, que según sus datos son menores del 2.20 meq/100 gr. de suelo, la que determina que su porcentaje de saturación de bases por suma de cationes sean menores del 45 % y con ello sea considerado taxonómicamente dentro del Subgrupo Dystrudepts.



Figura 4: Formaciones Geológicas identificadas en el Sector de Estudio.

**Fuente:** Elaboración propia.

Asimismo, se observa que en los suelos identificados dentro de esta unidad geológica existe un proceso de pérdida de arcilla por las intensas lluvias de la zona, se inicia desde el primer horizonte A, y no existe una acumulación en el horizonte B, pero si se observa un elevado porcentaje de arcilla en los horizontes o capa C, esto demuestra que los suelos son desarrollados del mismo material parental original.

## **ii. FORMACIÓN IPURURO:**

La litología de esta formación en la zona se da como un afloramiento arenoso, además se aprecia estratos de limoarcillitas blancas la cual se encuentran intercaladas con estratos de areniscas. Se desarrolla sobre colinas bajas. Sus relieves son de moderada estabilidad.

Los suelos que se desarrollaron a partir de esta unidad geológica son: Cedro, Caoba, Tornillo, Libertad y Huasai. En todos los suelos identificados se observa que su matriz textural está vinculada al material parental por la presencia de arena en buen porcentaje dentro de sus perfiles, superior al 40 %, en especial en los primeros tres horizontes.

Los suelos Cedro y Caoba, presentan un proceso de desarrollo muy evolucionado, se observa el proceso de eluviación e iluviación de las arcillas las cuales se va acumulando en el horizonte B, formando el horizonte de diagnóstico subsuperficial Argílico, el cual es producto de las fuertes precipitaciones de la zona y la moderada estabilidad de estos suelos, es decir no se produjeron procesos de erosión o acumulación en ellos por mucho tiempo. Este proceso, más el lavado de sus bases, la acidificación de su perfil y la lixiviación de sus nutrientes, los ha desarrollado hasta convertirse taxonómicamente en el Orden Ultisols.

Los suelos Tornillo y Libertad, por otro lado, presentan características similares de desarrollo que el suelo Colina, presenta un lavado excesivo de sus bases por las precipitaciones de la zona produciendo la pérdida por lixiviación de los nutrientes y por ende una acidificación del perfil. Estos suelos taxonómicamente pertenecen al Sub grupo Dystrudepts.

Sin embargo, el suelo Huasai, presenta características similares a los suelos evolucionados de la unidad geológica Chambira; al encontrarse cerca a esta unidad, y al ser esta unidad poco estable, es posible que en tiempo anteriores se haya producido un movimiento de masa y este pueda haberse depositado sobre esta zona, desarrollándose el suelo Huasai.

### **iii. FORMACIÓN UCAYALI:**

Litológicamente, presenta un banco de areniscas limoarcillosas blanquecinas, secuencias estratificadas de limolitas arenosas con limolitas oscuras, así como clastos subredondeados de arenisca en matriz limoarcillosa, todos los clastos subredondeados presentan arena gruesa de cuarzo. Morfológicamente, forma los escalones de terrazas altas, que constituyen superficies sobre las cuales fluía el río durante el Pleistoceno antes de encajonarse en la morfología actual. Esta formación es considerada de buena estabilidad debido a la horizontalidad de sus relieves.

Los suelos que evolucionaron a partir de esta unidad geológica son: Pijuayo, Horizonte y Mohena. Todos estos suelos al parecer presentan características heredadas del material parental en especial en su matriz textural, la cual presente un buen contenido de arena superior al 40 % en sus primeros 3 horizontes y otros en todo el perfil como el suelo Pijuayo y el suelo Horizonte.

Asimismo, estos suelos han estado expuestos al factor clima que ha afectado su composición química a algunos por más tiempo que otros, produciéndose el lavado de los nutrientes (lixiviación) con pérdida de las bases de sus sitios de cambio y la acidificación del perfil del suelo; el suelo Pijuayo además de los anteriores procesos, presenta un proceso de eluviación e iluviación de arcillas desarrollándose el horizonte Argílico, taxonómicamente se encuentra en el Orden Ultisols. Los suelos Horizonte y Mohena, no han sido expuestos al factor climático tanto tiempo como el suelo anterior para que exista el movimiento de las arcillas en el perfil, pero si lo suficiente para la pérdida de nutrientes, lavado de bases y acidificación de su perfil, taxonómicamente estos suelos se encuentran en el Orden Inceptisols.

### **iv. DEPÓSITOS ALUVIALES SUBRECIENTES:**

Consisten en acumulaciones de arenas medias y conglomerados de gravas con matriz arenosa, ligeramente consolidadas; los cantos presentan formas redondeadas y un tamaño variable. Los depósitos forman dos niveles de terrazas onduladas, cuyas alturas sobre el nivel de estiaje del río alcanzan los 10 a 12 metros. Debido a su relieve llano, esta unidad geológica también presenta una elevada estabilidad, con presencia de algunos anegamientos locales.

De esta unidad geológica evolucionaron los siguientes suelos: Sargento, Santa Rosa, Uvilla, Shebon y Shimbillo. Estos suelos no reciben aportes de materiales nuevos a menos que exista una creciente grande en los ríos las cuales son muy raras, esta estabilidad, hace que estos suelos evolucionen de forma moderada formándose los suelos del orden Inceptisols.

**v. DEPÓSITOS ALUVIALES RECIENTES:**

Constituyen acumulaciones clásticas Holocénicas dejadas por el río; litológicamente consisten de fragmentos rocosos constituidos por gravas redondeadas de litología diversa. Morfológicamente, conforman el lecho actual de los ríos, las planicies de inundación y las terrazas bajas inundables. Esta unidad presenta una baja estabilidad debido a encontrarse integrada por materiales sueltos y por hallarse expuesto a inundaciones durante la estación de lluvias. En esta unidad solo se identificó el suelo Nejilla, al cual presenta diferente tipo de materiales detríticos que se acumulan con cada creciente del río, las cuales poseen clase textural similar, pero se contrasta con la estructura, la consistencia y su pH, la cual presentan datos diferentes en las capas formadas, estos datos fomentan o refuerzan la teoría que cada horizonte o capa fue acumulada una antes de la otra. En la Figura 5, se presentan en un mapa con la ubicación de las formaciones geológicas descritas en los párrafos precedentes.

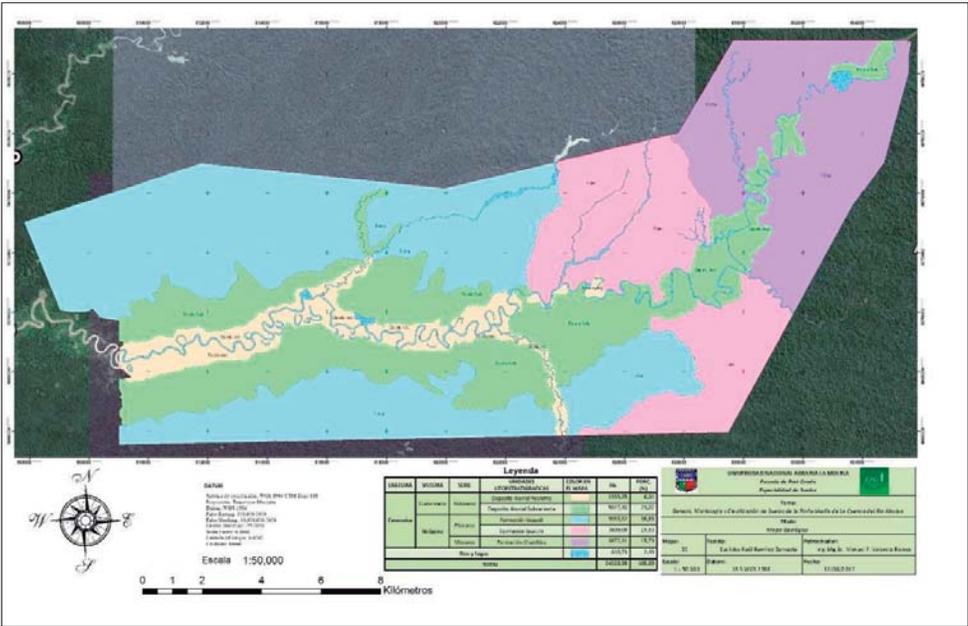


Figura 5: Mapa Geológico de la zona de estudio; INGEMMET (1997).

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.2.4 RELIEVE

El Relieve, inclinación con respecto a la horizontal y la pendiente, su valor numérico, son atributos de los paisajes e influyen en su desarrollo y destrucción. La fisiografía estudia y delimita estos paisajes o geformas representándolos en un mapa, figura 6.

En el área de estudio se observa dos grandes paisajes: Planicie y Colinas, cuadro 13, planicies no inundables, con relieves planos, ondulados y disectadas, Colinas con relieves ligeramente a fuertemente disectadas.

##### A. Gran Paisaje Planicie

Esta gran unidad fisiográfica agrupa relieves que van desde plana a moderadamente inclinadas, con pendientes de 0 a 8 %, las que se originaron principalmente por acción acumulativa de los agentes erosivos externos. Esta unidad ocupa un área 16 236.28 ha., que representa el 66.19 % del área, está formada por sedimentos tanto recientes como antiguos los que fueron transportados y acumulados por las aguas del río. Incluye a los siguientes paisajes:

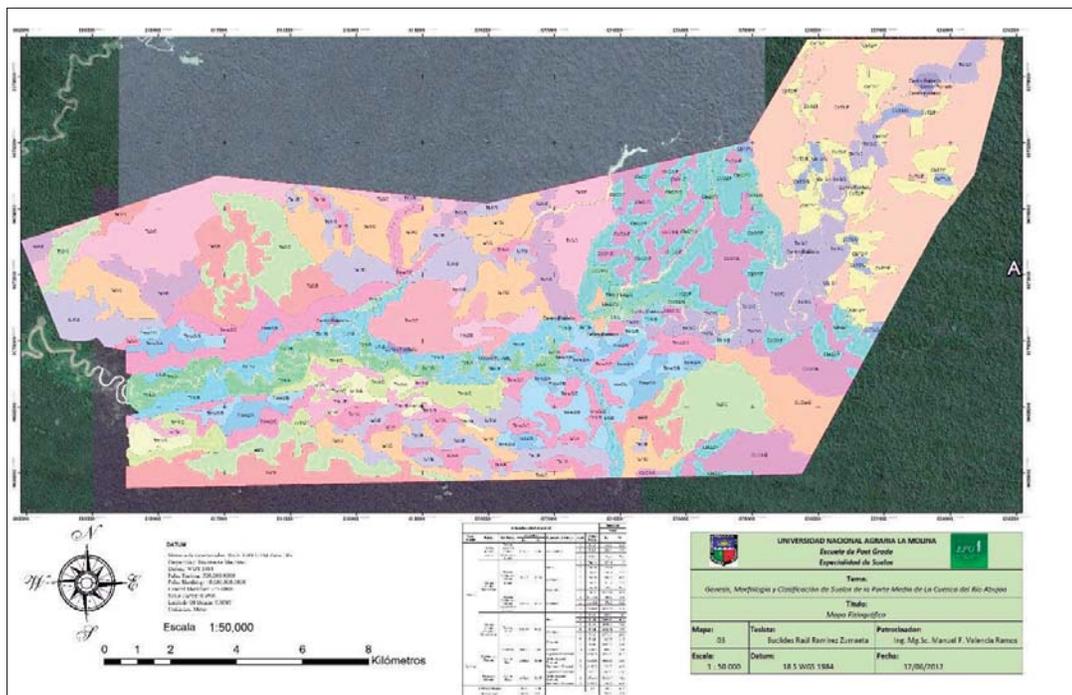


Figura 6: Mapa Fisiográfico de la zona de estudio.

Fuente: Elaboración Propia.

#### **a. Paisaje Llanura Aluvial Reciente**

Ocupa un área de 1555.35 ha., representa el 6.34 %. Se encuentran entre los 0 a 8 metros de altura con respecto a su base local (el río Abujao).

Las terrazas bajas, con pendiente de 0 a 8%, y drenaje moderado a bueno, lo representan a nivel de subpaisaje. Estas están formadas por depósitos aluviales y fluviales estratificados de arena limo y arcilla, con material gravoso fino. Son terrazas que se encuentran expuestas a erosión difusa y concentrada, así como socavamiento y erosión lateral por las corrientes fluviales, figura 7.



Figura 7: Paisaje Planicie “Terrazas Bajas”.

**Fuente:** Elaboración Propia.

#### **b. Paisaje Llanura Aluvial Subreciente**

Ocupa un área de 5 647.41 ha., que representan el 23.02 %. Se encuentran entre los 8 a 15 metros de altura desde su base local, el río Abujao con una pendiente menor a 8%. Las terrazas medias de buen drenaje y terrazas medias con drenaje moderado, figura 8, representan a nivel de subpaisaje a la llanura aluvial subreciente. Se han formado a partir de materiales aluviales arenosos a areno arcillosos. En este tipo de geoforma se manifiesta erosión difusa y concentrada, así como socavamiento y erosión lateral por las corrientes fluviales.



Figura 8: Paisaje Planicie “Terrazas Media”.

**Fuente:** Elaboración Propia.

### **c. Paisaje Llanura Aluvial Antigua o Pleistocénica**

Con altura entre los 15 a 30 metros desde su base local, el río Abujao y pendiente menor a 8% ocupa un área de 9 033.52 ha., equivalente al 36.83 % del área. Las Terrazas altas, planas a ligeramente inclinadas, representan a nivel de subpaisaje a esta llanura aluvial antigua. Se han formado a partir de sedimentos finos, limos y arcillas. Son superficies que se encuentran expuestas a erosión difusa y concentrada (Surco y cárcavas) pero en menor medida que las terrazas bajas y medias, figura 9.



Figura 9: Paisaje Planicie “Terraza Alta”

**Fuente:** Elaboración Propia.

## **B. Gran Paisaje Colinoso**

Son geoformas de relieve ondulado a disectado, con pendientes de 8 a 75%, no superan los 80 metros de altitud desde su base y ocupan un área de 7681.39 ha., equivalente al 31.32 % del área. Está formada por sedimentos aluviales muy antiguos, colinas del cuaternario o por materiales residuales, colinas del terciario, figura 10.



Figura 10: Foto de Paisaje Colinoso.

**Fuente:** Elaboración propia.

### **a. Paisaje Colinas del Plioceno**

Estas se desarrollaron sobre materiales aluviales antiguos depositados en el Plioceno. Litológicamente se encuentran constituidos sobre paquetes pocos consolidados de arenas, arcillas y gravas pequeñas.

Con alturas mayor a 30 m., pero que no sobrepasan los 80 m, las lomadas y colinas bajas representan, en el área, a las colinas del cuaternario, ocupan un área de 3 809.09 ha., equivalente a 15.53% del área. El origen de estas formas fisiográfica estaría relacionado a un periodo de intensa disección que tuvo lugar en el cuaternario, luego de una etapa muy larga de acumulación de material, este periodo de disección está ligado a un cambio climático y el aumento de la humedad en la zona.

## b. Paisaje Colinas del Terciario o Mioceno

Al igual que las colinas del cuaternario su altura no supera los 80 metros y se desarrollaron de materiales depositados en el Mioceno, ocupan el 3 872.30 ha., y representan el 15.79% del área. Litológicamente se encuentran formadas por arcillitas, areniscas de grano fino y medio, las que fueron depositadas durante el terciario superior. Estas colinas se caracterizan por que su formación se produjo por movimiento tectónico y la acción modeladora de la precipitación pluvial.

Las colinas de mayor pendiente son afectadas por proceso de erosión hídrica laminar y desprendimientos de masas, siendo mitigada por la foresta predominante del lugar, mientras en procesos avanzados que se generan en las remociones de masas como derrumbes, deslizamiento, etc. su ocurrencia está ligado más a la litología de la zona, siendo las de origen sedimentario las más susceptibles.

### 4.2.5 TIEMPO

El tiempo es un factor pasivo que representa la duración en la acción de los demás factores hasta lograr manifestaciones en el desarrollo del perfil de los suelos, en términos de juventud, madurez y senectud; además como factor de formación de los suelos, es difícil de evaluar con exactitud. (IGAC, 2009).

Una aproximación de las edades para los inicios de los suelos son las edades de las formaciones geológicas dentro de las cuales se ha desarrollado, ver cuadro 15.

Cuadro 15: Límites temporales Vs Unidades Litoestratigraficas.

Eratema	Sistema	Serie	Unidades Litoestratigraficas	Límites temporales aproximados (años)
Cenozoica	Cuaternario	Holoceno	Deposito Aluvial Reciente	10 000
			Deposito Aluvial Subreciente	
	Neógeno	Plioceno	Formación Ucayali	5 200 000
			Formación Ipururo	
		Mioceno	Formación Chambira	23 300 000

**Fuente:** INGEMMET (1997).

### 4.3 UNIDADES DE SUELOS

Las unidades de suelos se refieren a las unidades taxonómicas y son descritas, cuadros 11, 16a, 16b, 16c y 16d, en base a las propiedades y características pedológicas presentes en el perfil (Anexos), los que permitirán identificar horizontes y características de diagnóstico necesarios para clasificar los suelos en un sistema taxonómico (Soil Survey Staff, 2014).

**A.** El primer grupo define a un suelo sin características definidas.

#### **SUELO NEJILLA**

Moderadamente profundo (60-80cm.), presenta una secuencia de horizontes genéticos A-AC-1C-2C-3C, indicativo de una discontinuidad litológica, con un horizonte superficial, de color gris muy oscuro (7.5YR3/1), pero delgado, identificado como epipedón ócrico, de textura franca, con estructura granular, media, moderado; se encuentra sobre capas de color pardo a pardo amarillento claro (7.5YR4/2 – 10YR6/4), con moteaduras rojo amarillentas (5YR5/6) en húmedo (20 %), de textura franca a arena franca, y estructura granular, y en las capas más profundas no presenta estructura (masiva y grano simple). La consistencia va de friable a firme. No se aprecia pedregosidad superficial y la gravosidad dentro del perfil está ausente. La permeabilidad es moderada y el drenaje, moderado.

Este suelo presenta reacción muy fuertemente ácida a fuertemente ácida (pH: 4,93 a 5,14), con un porcentaje de saturación de acidez entre 21 y 8%. Los niveles de materia orgánica son de alto a bajo (7,47 a 1,01 %); fósforo disponible bajo (4,4 a 2,1 ppm), y potasio disponible de medio a bajo (135 a 96 ppm). La CIC es media (24,96 a 16,96 meq/100 gr de Suelo); el calcio presenta niveles altos a bajos (16,50 a 12,37 meq/100 gr de Suelo). Por consiguiente el porcentaje de saturación de bases es de 79 a 92 %. La fertilidad natural es baja.

Cuadro 16a: Características Físico-Químicas de los Suelos Identificados en el Área de Estudio

Hor.	Prof. cm.	Granulometría		Clase Text.	pH	Cationes Cambiables				Al camb.	CIC	S.B. Acet.	S.B. Sum. Cat.	Mater. Orgán.	Carb. Orgán.		
		Arc.	Lim.			Arc.	%	Ca	Mg							K	Na
		%	%			%	%	meq/100 gr de Suelo	%							%	%
<b>NEJILLA</b>																	
Ap	00-02	44	36	20	Fr	4.93	15.45	3.65	0.37	0.16	0.20	24.96	79	98.99	7.47	4.33	
AC	02-16	50	38	12	Fr	5.05	16.50	3.80	0.32	0.16	0.20	23.52	88	99.05	4.44	2.58	
CI	16-32	50	34	16	Fr	4.93	12.37	2.60	0.28	0.17	0.60	16.96	91	96.25	1.01	0.59	
2C2	32-81	78	20	02	AFr	5.14	4.15	1.02	0.12	0.14	0.50	5.92	92	91.57	0.47	0.27	
3C3	81-108	38	38	24	Fr	5.01	12.97	3.42	0.24	0.18	2.10	21.28	79	88.89	1.08	0.63	
<b>HUASAI</b>																	
A	00-07	66	28	06	FrA	5.14	10.26	1.94	0.24	0.16	0.20	12.80	98	98.44	5.79	3.36	
BA	07-14	56	32	12	FrA	5.35	7.34	1.11	0.09	0.21	0.20	8.96	98	97.77	1.95	1.13	
Bw1	14-30	54	22	24	FArA	4.93	7.57	1.49	0.12	0.25	0.50	9.92	95	94.96	1.41	0.82	
Bw2	30-51	46	18	36	ArA	4.74	8.79	1.92	0.14	0.23	3.00	15.68	71	78.69	1.01	0.58	
Bw3	51-82	46	18	36	ArA	4.75	6.78	1.60	0.17	0.22	7.10	17.12	51	55.26	0.47	0.27	
C	82-147	34	28	38	FrAr	4.82	6.03	1.43	0.16	0.22	8.30	18.08	43	48.57	0.40	0.23	
<b>SHIMBILLO</b>																	
A	00-06	42	48	10	Fr	4.24	12.16	3.62	0.34	0.25	1.20	24.48	67	93.17	10.06	5.83	
BA	06-15	36	46	18	Fr	4.49	12.47	3.65	0.18	0.20	1.60	23.52	70	91.16	4.19	2.43	
Bw	15-40	28	49	23	Fr	4.90	13.75	4.03	0.15	0.27	4.30	24.80	73	80.89	1.30	0.75	
C1	40-73	26	48	26	Fr	4.97	17.43	4.83	0.22	0.41	3.50	30.08	76	86.74	0.96	0.56	
C2	73-164	20	34	46	Ar	4.90	15.50	4.80	0.27	0.66	5.50	34.72	61	79.42	1.03	0.60	
<b>CAPIRONA</b>																	
A	00-05	56	38	06	FrA	4.97	18.55	3.72	0.24	0.17	0.20	25.92	87	99.13	9.62	5.58	
BA	05-33	48	34	18	Fr	4.75	12.98	2.63	0.13	0.13	1.30	18.40	86	92.43	1.41	0.82	
Bw1	33-43	66	20	14	FrA	4.74	10.16	1.87	0.10	0.14	0.70	14.08	87	94.60	0.67	0.39	
Bw2	43-86	48	38	14	Fr	5.19	11.70	2.27	0.13	0.17	0.20	15.68	91	98.62	0.47	0.27	
C	86-163	88	08	04	A	4.77	5.10	1.05	0.09	0.17	0.30	6.72	96	95.53	0.40	0.23	

Fuente: Elaboración Propia.

Cuadro 16b. Características Físico-Químicas de los Suelos Identificados en el Área de Estudio

Hor.	Prof. cm.	Granulometría		Clase Text.	pH	Cationes Cambiables				Al camb.	CIC	S.B. Acet.	S.B. Sum. Cat.	Mater. Orgán.	Carb. Orgán.	
		Are.	Lim.			Arc.	Ca	Mg	K							Na
		%	%			%	meq/100 gr de Suelo									%
<b>PALMERA</b>																
A	00-21	34	36	30	FrAr	4.61	17.10	4.05	0.25	0.16	2.40	30.40	71	89.98	1.17	0.68
Bw	21-35	44	28	28	FrAr	4.56	18.62	3.68	0.30	0.18	7.60	36.80	62	74.98	0.48	0.28
C1	35-81	24	34	42	Ar	4.80	19.19	3.58	0.20	0.23	5.50	32.80	71	80.84	0.07	0.04
C2	81-155	22	34	42	Ar	5.14	18.73	3.27	0.14	0.22	0.30	28.16	79	98.68	0.07	0.04
<b>HORIZONTE</b>																
Ap	00-23	84	14	12	AFr	4.03	0.39	0.22	0.06	0.11	1.60	4.00	19	32.77	2.56	1.48
Bw	23-87	74	16	10	FrA	4.58	0.40	0.18	0.06	0.16	2.40	4.80	17	25.00	1.35	0.78
C1	87-103	66	16	18	FrA	4.12	0.44	0.20	0.06	0.12	4.00	7.52	11	17.01	0.47	0.27
C2	103-165	66	16	18	FrA	4.28	0.36	0.20	0.07	0.11	4.70	7.36	10	13.60	0.47	0.27
<b>COLINA</b>																
A	00-10	70	28	02	FrA	3.84	2.13	0.83	0.15	0.17	0.70	7.36	45	82.41	6.82	3.95
BA	10-23	64	26	10	FrA	3.92	0.81	0.32	0.06	0.13	2.10	6.08	22	38.60	0.96	0.56
Bw1	23-48	60	24	16	FrA	4.27	0.77	0.25	0.07	0.16	3.60	8.00	16	25.77	0.65	0.38
Bw2	48-68	52	22	26	FrArA	4.26	0.83	0.25	0.10	0.14	5.20	12.80	10	20.25	0.34	0.20
C1	68-102	48	18	34	FrArA	4.39	1.09	0.22	0.10	0.12	3.60	13.44	11	29.82	0.62	0.36
C2	102-165	50	18	32	FrArA	4.58	1.66	0.22	0.09	0.10	6.20	13.12	16	25.03	0.34	0.20
<b>SHEBON</b>																
Ap	00-28	58	28	14	FrA	3.83	0.37	0.17	0.10	0.12	5.60	9.92	8	11.95	2.62	1.52
Bw	28-55	56	30	14	FrA	4.12	0.41	0.15	0.12	0.17	6.10	11.68	7	12.23	2.44	1.42
C	55-100	48	24	28	FrArA	4.40	0.38	0.17	0.14	0.13	8.20	14.72	6	9.09	0.74	0.43
<b>SANTA ROSA</b>																
A	00-06	70	22	08	FrA	3.92	1.00	0.69	0.17	0.18	3.80	10.40	20	34.93	6.68	3.87
AB	06-56	52	26	22	FrArA	4.11	0.74	0.21	0.11	0.19	5.70	10.08	12	17.99	0.75	0.44
Bw	56-84	44	20	36	FrAr	4.29	0.84	0.26	0.19	0.21	11.00	16.00	9	12.00	0.27	0.16
C	84-168	30	24	46	Ar	4.42	0.77	0.28	0.19	0.22	15.00	24.32	6	8.71	0.82	0.48

Fuente: Elaboración Propia.

Cuadro 16c. Características Físico-Químicas de los Suelos Identificados en el Área de Estudio

Hor.	Prof. cm.	Granulometría		Clase Text.	pH	Cationes Cambiables				Al camb.	CIC	S.B. Acet.	S.B. Sum. Cat.	Mater. Orgán.	Carb. Orgán.		
		Arc.	Lim.			Arc.	%	Ca	Mg							K	Na
		%	%			%	%	meq/100 gr de Suelo	%							%	%
<b>UVILLA</b>																	
A	00-22	40	36	24	3.84	0.88	0.33	0.11	0.14	7.50	8.96	16	16.29	3.16	1.83		
Bw	22-72	42	34	24	4.11	0.79	0.32	0.09	0.19	8.20	12.16	11	14.49	1.41	0.82		
C	72-120	36	30	34	4.38	0.95	0.26	0.07	0.20	8.00	11.04	13	15.61	0.54	0.31		
<b>MOHENA</b>																	
A	00-06	44	36	20	4.30	2.57	1.90	0.22	0.15	5.90	20.32	24	45.07	9.69	5.62		
AB	06-20	66	24	10	4.34	1.14	0.97	0.22	0.21	8.30	19.20	13	23.43	6.19	3.59		
Bw	20-48	52	26	22	4.36	0.62	0.48	0.19	0.17	11.90	20.00	7	10.93	2.96	1.72		
CI	48-80	26	26	48	4.44	0.49	0.47	0.26	0.19	15.70	23.04	6	8.24	1.08	0.63		
C2	80-130	20	24	56	4.52	0.45	0.90	0.40	0.17	21.20	30.08	6	8.30	1.68	0.97		
2C3	130-180	40	28	32	4.57	0.46	1.23	0.31	0.17	15.40	22.40	10	12.35	0.54	0.31		
<b>LIBERTAD</b>																	
A	00-40	66	26	08	4.66	1.41	0.28	0.10	0.21	2.30	6.08	33	46.51	1.35	0.78		
AB	40-60	54	22	24	4.15	0.78	0.20	0.10	0.19	7.30	10.40	12	14.82	0.67	0.39		
Bw1	60-97	54	18	28	4.35	0.82	0.21	0.11	0.23	8.30	12.48	11	14.17	0.47	0.27		
Bw2	97-168	50	22	28	4.43	0.79	0.20	0.11	0.19	9.60	12.80	10	11.85	0.34	0.20		
<b>TORNILLO</b>																	
A	00-34	74	24	02	3.87	1.03	0.33	0.11	0.22	3.90	7.04	24	30.23	1.28	0.74		
AB	34-45	60	24	16	4.19	0.87	0.34	0.10	0.20	5.90	8.96	17	20.38	0.47	0.27		
Bw	45-65	50	20	30	4.31	0.84	0.76	0.16	0.28	10.20	14.72	14	16.67	0.34	0.20		
C	65-180	40	28	32	4.38	0.84	1.41	0.24	0.30	16.90	24.00	12	14.17	0.27	0.16		

Fuente: Elaboración Propia.

Cuadro 16d. Características Físico-Químicas de los Suelos Identificados en el Área de Estudio

Hor	Prof cm	Granulometría			Clase Text	pH	Cationes Cambiables				Al camb	CIC	S.B. Acet.	S.B. Sum. Cat.	Mater. Orgán.	Carb Orgán.			
		Are	Lim	Arc			Ca	Mg	K	Na							%	%	%
		%	%	%			meq/100 gr de Suelo										%	%	
<b>SARGENTO</b>																			
A	00-09	82	14	04	AFr	4.25	1.66	0.54	0.32	0.16	2.10	8.64	31	56.07	3.07	1.78			
AB	09-30	82	14	04	AFr	4.35	0.78	0.34	0.24	0.22	5.90	9.60	16	21.12	0.82	0.46			
Bw	30-72	74	18	08	FrA	4.37	0.77	0.43	0.14	0.23	7.80	10.40	15	16.76	0.55	0.32			
C1	72-98	68	14	18	FrA	4.42	0.74	0.44	0.13	0.23	8.90	12.32	13	14.75	0.34	0.20			
C2	98-135	64	20	16	FrA	4.47	0.74	0.49	0.11	0.20	9.5	12.48	12	13.95	0.20	0.12			
<b>CEDRO</b>																			
A	00-42	64	28	08	Fra	4.03	1.06	0.44	0.12	0.31	2.90	6.08	32	40	2.22	1.29			
BA	42-95	41	27	32	FrAr	4.42	1.01	0.44	0.15	0.32	7.60	13.04	15	21	0.81	0.47			
Bt	95-116	22	30	48	Ar	4.50	1.03	0.49	0.21	0.25	16.50	23.20	9	11	0.34	0.20			
C1	116-139	38	28	34	FrAr	4.46	1.00	0.43	0.17	0.24	8.90	14.08	13	17	0.24	0.14			
C2	139-167	40	26	34	FrAr	4.53	0.70	0.44	0.22	0.26	11.90	13.92	12	12	0.07	0.04			
<b>CAOBA</b>																			
A	00-19	68	26	06	FrA	4.14	0.42	0.17	0.09	0.10	1.50	3.84	20	34	2.09	1.21			
AB	19-41	58	30	12	FrA	4.36	0.42	0.17	0.06	0.09	2.40	5.12	15	24	1.95	1.13			
Bt	41-118	46	20	34	FrArA	4.42	0.45	0.22	0.08	0.13	5.40	11.68	8	14	1.01	0.59			
C	118-150	62	12	26	FrArA	4.50	0.45	0.18	0.07	0.10	5.50	8.64	9	13	1.01	0.59			
<b>PUJAYO</b>																			
A	00-22	56	30	14	FrAr	3.72	0.82	0.19	0.08	0.29	4.40	8.00	17	24	1.55				
Ba	22-46	50	30	20	Fr	4.07	1.03	0.20	0.05	0.26	3.60	7.36	21	30	1.28	0.74			
Bt	46-72	50	28	32	Fr	4.19	0.84	0.20	0.06	0.26	4.90	7.52	18	22	0.67	0.39			
C	72-120	46	24	22	FrArA	4.35	0.75	0.19	0.04	0.16	5.00	7.68	15	19	0.47	0.27			

Fuente: Elaboración Propia.

Las características del suelo Nejilla nos permiten asegurar que se trata de un suelo sin desarrollo genético evidente, el material de partida o material parental de este suelo no está definido, la discontinuidad litológica, producto del depósito de diferentes materiales, lo indica fehacientemente, no obstante, si presenta un epipedón ócrico como consecuencia de la acción de la vegetación sobre el último material depositado. Por lo tanto, este suelo es clasificado dentro del orden Entisols.

El análisis químico, perfil respectivo, dio como resultado una disminución irregular del contenido de carbono orgánico con la profundidad, lo cual revela su carácter fluvéntico por lo que a nivel de suborden es agrupado dentro de los Fluvents (Soil Survey Staff, 2014)

Este suelo, además, se ha formado bajo un régimen de humedad údico, el cual indica un estado en que el suelo está seco, en la sección control de humedad, no más de 90 días acumulados, en años normales, lo que es observable en la zona, por lo que se agrupan dentro del Grangrupo de los **Udifluvents**. La no existencia de otras características de diagnóstico o presencia de materiales que modifiquen el comportamiento de los Udifluvents nos indican su carácter **Typic**.

En base a lo discutido, en los párrafos precedentes, el suelo es clasificado, a nivel de subgrupo de la Soil Taxonomy 2014, como **Typic Udifluvents** y su identificación vernácula por su localización sería **suelo Nejilla**.

**B.** En la zona también se encuentran suelos con mayor desarrollo. Los suelos Huasai y Shimbillo, presentan características de diagnóstico similares.

### **SUELO HUASAI**

Es un suelo profundo y presenta una secuencia de horizontes genéticos A-BA-Bw-C, con horizonte superficial de color pardo amarillento oscuro (10YR 4/4), identificado como epipedón ócrico por presentar valúe y croma alto, es de textura franco arenosa, y estructura granular, muy fina, débil; se encuentra sobre un horizonte de color rojo amarillento (5YR 5/6), de textura franco arcillo arenosa, y estructura en bloques subangulares, medio,

moderado, calificado como horizonte cámbico al presentar una variación de color con respecto al horizonte transicional BA, que es de color pardo fuerte (7.5YR 4/6), de textura franco arenosa, y estructura en bloques subangulares, medio, moderado. La consistencia es friable a muy firme. No presenta pedregosidad superficial, y la gravosidad dentro del perfil está ausente. La permeabilidad es buena y el drenaje es moderado.

Químicamente, su reacción es fuertemente ácida a muy fuertemente ácida (pH: 5,35 a 4,74), con una saturación de acidez entre 2 y 49 %. Los niveles de materia orgánica altos a bajos (5,79 a 1,41 %); fósforo disponible medio a bajo (10,4 a 2,8 ppm), y potasio disponible bajos (88 a 30 ppm). La CIC es bajo (12,80 a 8,96 meq/100 gr de Suelo). El calcio es el catión que se halla en mayores concentraciones en el complejo arcillo – húmico (10,26 a 7,34 meq/100 gr de Suelo). El porcentaje de saturación de bases varía entre 98 y 51 %. La fertilidad natural es baja.

### **SUELO SHIMBILLO**

Moderadamente profundo (50-70cm), presenta una secuencia de horizontes genéticos A-BA-Bw-C, con horizonte superficial de color pardo amarillento (10YR 5/4), identificado como epipedón ócrico por presentar valúe y croma de color altos, es de textura franca, y estructura granular, fina, moderado; se encuentra sobre un horizonte, de color pardo amarillento (10YR 5/6), de textura franca, y estructura en bloques subangulares finos moderados; calificado como horizonte cámbico por presentar ligero cambio de color con respecto al horizonte transicional BA que es de color pardo (10YR 5/3), de textura franca, y estructura granular, medio, moderado. La consistencia es friable a firme. No presenta pedregosidad superficial y la gravosidad dentro del perfil está ausente. La permeabilidad es moderada y el drenaje es bueno.

Químicamente, es de reacción extremadamente ácida a muy fuertemente ácida (pH: 4,24 a 4,97), con un porcentaje de saturación de acidez entre 24 y 39 %. Los niveles de materia orgánica son alto a bajo (10,06 a 1,30 %); fósforo disponible es de medio a bajo (9,3 a 1,7 ppm); y potasio disponible bajo (99 a 37 ppm). La CIC es media (23,52 a 30,08 meq/100 gr de Suelo). El calcio y el magnesio son los cationes que se encuentran en mayores concentraciones en el complejo arcillo – húmico (12,16 a 13,75 meq/100 gr de Suelo) para

el caso del calcio, y para el caso del magnesio (3,62 a 4,03 meq/100 gr de Suelo). El porcentaje de saturación de bases varía entre 76 y 61 %. La fertilidad natural es baja.

Ambos suelos, Huasai y Shimbillo, con igual distribución de horizontes, han desarrollado similares características de diagnóstico, epipedón ócrico y horizonte cámbico, este último indica un desarrollo incipiente del suelo. La Soil Taxonomy los califica como pertenecientes al orden **Inceptisols**. Estos suelos, se han formado bajo un régimen de humedad údico, el cual indica un estado en que el suelo está seco, en la sección control de humedad, no más de 90 días acumulados, en años normales, lo que es observable en la zona, por lo que se agrupan dentro del suborden de los **Udepts** (Soil Survey Staff, 2014). El análisis químico, perfil respectivo, generó una saturación de bases superior a 60 % dentro de los 25 a 75 centímetros de profundidad, ligeramente más alto en el suelo Shimbillo que en el suelo Huasai, Cuadro 16a. Estos valores califican a estos suelos dentro del Grangrupo de los **Eutrudepts**. Características adicionales como el carácter fluvéntico (Fluventic) y la no existencia de carbonatos libres en el perfil, dentro de los 100 centímetros superiores (Dystric) también se observan.

En base a lo discutido, en los párrafos precedentes, ambos suelos son clasificados, a nivel de subgrupo de la Soil Taxonomy 2014, como **Dystric Fluventic Eutrudepts** y su identificación vernácula por su localización sería **suelo Huasai y suelo Shimbillo**, respectivamente

**C.** Los suelos Capirona y Palmera son de mayor desarrollo que los anteriores y presentan horizontes y características diagnóstico similares entre sí. Se han desarrollado sobre colinas bajas del terciario y su material parental es de naturaleza residual, los suelos se han formado y desarrollado en el lugar.

### **SUELO CAPIRONA**

Moderadamente profundo (50-86cm), presenta una secuencia de horizontes genéticos A-BA-Bw-C, con un horizonte superficial delgado (05 cm.), identificado como epipedón ócrico de color pardo rojizo oscuro (5YR 3/3), de textura franco arenosa, y estructura granular, medio, débil; se encuentra sobre un horizonte subsuperficial, de color pardo amarillento (10YR 5/6), de textura franco arenosa, y estructura en bloque subangular,

medio, fino, calificado como horizonte cámbico por presentar ligero cambio de color con respecto al horizonte transicional BA de color pardo amarillento (10YR 5/4), de textura franca, y estructura bloque subangular, fino, débil. La consistencia es muy friable a firme. No presenta pedregosidad superficial, y la gravosidad dentro del perfil está ausente. La permeabilidad es moderada y el drenaje es moderado.

Químicamente, es de reacción muy fuertemente ácida (pH: 4,74 a 5,19), con una saturación de acidez entre 14 y 9 %. En la capa superficial los niveles de materia orgánica son alto a bajo (9,62 a 1,41 %); fósforo disponible bajo (2,6 a 0,5 ppm), y potasio disponible bajo (62 a 39 ppm). La CIC es alta a baja (25,92 a 14,08 meq/100 gr de Suelo). El calcio y el magnesio son los cationes que se encuentran en mayores concentraciones en el complejo arcillo – húmico (18,55 a 10,16 meq/100 gr de Suelo) para el caso del calcio, y para el caso del magnesio (3,72 a 1,87 meq/100 gr de Suelo). El porcentaje de saturación de bases varía entre 86 y 91 %. La fertilidad natural es baja.

### **SUELO PALMERA**

Moderadamente profundo (80-100cm), presenta una secuencia de horizontes genéticos A-Bw-C, con un horizonte superficial de color gris pardo claro (10YR 6/2), identificado como epipedón ócrico, de textura franco arcillosa y estructura granular, fina, moderado; se encuentra sobre un horizonte de color gris claro (10YR 7/2), de textura franco arcillosa, y estructura en bloque subangular, fino, moderado, calificado como horizonte cámbico por presentar un cambio de color y estructura con respecto al horizonte suprayacente. La consistencia es firme. La pedregosidad superficial, y la gravosidad dentro del perfil están ausentes. La permeabilidad es moderadamente rápida y el drenaje es moderado.

Químicamente, de reacción muy fuertemente ácida a fuertemente ácida (pH: 4,56 a 4,80), con una saturación de acidez entre 30 y 29 %. Los niveles de materia orgánica son bajos (1,17 a 0,48 %); fósforo disponible bajo (1,5 a 1,0 ppm), y potasio disponible de bajo a medio (94 a 120 ppm). La CIC es alta (30,40 a 36,80 meq/100 gr de Suelo). El calcio es el catión que se encuentra en mayor concentración en el complejo arcillo – húmico (17,10 a 18,62 meq/100 gr de Suelo). El porcentaje de saturación de bases varía entre 62 y 71 %. La fertilidad natural es baja.

Ambos suelos, Capirona y Palmera, presentan diferente distribución de horizontes, sin embargo, han desarrollado similares características de diagnóstico, epipedón ócrico y horizonte cámbico, este último indica un desarrollo incipiente del suelo. La Soil Taxonomy los califica como pertenecientes al orden **Inceptisols**. Estos suelos, se han formado bajo un régimen de humedad údico, el cual indica un estado en que el suelo está seco, en la sección control de humedad, no más de 90 días acumulados, en años normales, lo que es observable en la zona, por lo que se agrupan dentro del suborden de los **Udepts** (Soil Survey Staff, 2014).

El análisis químico de los perfiles, cuadros 16a y 16b, generó una saturación de bases superior a 60% dentro de los 25-75 centímetros de profundidad, más alto en el suelo Capirona (87-91%) que en el suelo Palmera (62-71%). Estos valores califican a estos suelos dentro del Grangrupo de los **Eutrudepts**. Características adicionales como el carácter fluvéntico (Fluventic) no se presenta en estos suelos, al disminuir el carbono orgánico de manera regular con la profundidad, pero si el carácter Dystric al no existir carbonatos libres en el perfil, dentro de los 100 centímetros superiores.

En base a lo discutido, en los párrafos precedentes, ambos suelos son clasificados, a nivel de subgrupo de la Soil Taxonomy 2014, como **Dystric Eutrudepts** y su identificación vernácula por su localización sería **suelo Capirona y suelo Palmera**, respectivamente.

**D.** Seis suelos localizados en diferentes unidades fisiográficas, terraza media, terraza alta y colina baja del terciario, este último con pendiente menor a 25%, comparten la formación de similares horizontes y características de diagnóstico: Suelos Horizonte, Colina, Shebon, Santa Rosa, Uvilla y Mohena.

### **SUELO HORIZONTE**

Moderadamente profundo (60-80cm), presenta una secuencia de horizontes genéticos A-Bw-C, con horizonte superficial de color rojo amarillento (5YR 5/8), identificado como epipedón ócrico por tener valúe y croma alto, superior a 3. Es de textura arena franca, y estructura granular, fina, débil; se encuentra sobre un horizonte de color rojo (2.5YR 5/8), de textura franco arenosa, y estructura bloque subangular, medio, débil identificado como horizonte cámbico por la variación en el color y estructura con respecto al horizonte

suprayacente. La consistencia es muy friable a extremadamente firme. No presenta pedregosidad superficial, presencia de grava fina dentro del 3° y 4° horizonte del perfil en un 5 %. La permeabilidad es moderadamente rápida y el drenaje es moderado.

Químicamente es de reacción extremadamente ácida a muy fuertemente ácida (pH: 4,03 a 4,58), con una saturación de acidez entre 81 y 89 %. El nivel de materia orgánica medio (2,56 %); fósforo disponible bajo (1,0 ppm), y potasio disponible bajo (37 ppm). La CIC es muy bajo a medio (4,00 a 7,52 meq/100 gr de Suelo). El aluminio es el catión que se encuentran en mayor concentración en el complejo arcillo – húmico (1,60 a 4,00 meq/100 gr de Suelo). El porcentaje de saturación de bases varía entre 19 y 11 %. La fertilidad natural es baja, cuadro 15b.

### **SUELO COLINA**

Profundo (100-120cm), presenta una secuencia de horizontes genéticos A-BA-Bw-C, con un horizonte superficial, de color pardo rojizo (5YR 4/4), identificado con epipedón ócrico por tener valúe y croma de color altos, superiores a 3. Es de textura franco arenosa, y estructura granular, fina, débil; se encuentra sobre un horizonte, de color pardo amarillento oscuro (10YR 4/4), de textura franco arenosa, y estructura en bloque subangular, medio, moderado; calificado como horizonte cámbico por tener una variación de color con respecto al horizonte transicional BA, de color pardo amarillento (10YR 5/6), de textura franco arenosa, y estructura bloque subangular, fino, débil. La consistencia es muy friable a firme. No presenta pedregosidad superficial, y la gravosidad dentro del perfil está ausente. La permeabilidad es moderadamente rápida y el drenaje es bueno.

Químicamente, es de reacción extremadamente ácida (pH: 3,84 a 4,27), con una saturación de acidez entre 55 y 90 %. Los niveles de materia orgánica son altos a bajos (6,82 a 0,65 %); fósforo disponible bajo (2,5 a 1,0 ppm), y potasio disponible bajo (70 a 21 ppm). La CIC es bajo (6,08 a 13,44 meq/100 gr de Suelo). El calcio es el catión que se encuentran en mayor concentración en el complejo arcillo – húmico (2,13 a 0,77 meq/100 gr de Suelo) para el caso del calcio. El porcentaje de saturación de bases varía entre 45 y 10 %. La fertilidad natural es baja, cuadro 16b.

### **SUELO SHEBON**

Moderadamente profundo (50-100cm), presenta una secuencia de horizontes genéticos A-Bw-C, con un horizonte superficial de color pardo rojizo (5YR 4/4), identificado como epipedón ócrico por tener color con valúe y croma superior a 3. La textura es franco arenosa, la estructura granular, medio, débil; se encuentra sobre un horizonte, de color pardo fuerte (7.5YR 5/6), de textura franco arenosa, y estructura en bloques subangulares, finos, moderados calificado como horizonte cámbico. La consistencia es muy friable a firme. No presenta pedregosidad superficial, y la gravosidad dentro del perfil está ausente. La permeabilidad es moderadamente rápida y el drenaje bueno.

Químicamente, es de reacción extremadamente ácida (pH: 3,83 a 4,40), con un porcentaje de saturación de acidez entre 92 y 94 %. El nivel de materia orgánica es medio (2,62 %); fósforo disponible bajo (0,30 ppm), y potasio disponible bajo (41 ppm). La CIC es baja (9,92 a 14,72 meq/100 gr de Suelo). El aluminio es el catión que se encuentra en mayor concentración en el complejo arcillo – húmico (5,60 meq/100 gr de Suelo). El porcentaje de saturación de bases varía entre 8 y 6 %. La fertilidad natural es baja, cuadro 16b.

### **SUELO SANTA ROSA**

Moderadamente profundo (60-80cm), ha desarrollado una secuencia de horizontes A-AB-Bw-C, con un horizonte superficial de color pardo amarillento (10YR 5/6) identificado como epipedón ócrico por presentar valúe y croma de color superiores a 3, la textura es franco arenosa y la estructura granular, fina, débil; se encuentra sobre un horizonte de color pardo fuerte (7.5YR 5/6), de textura franco arcillosa, y estructura en bloques subangulares, fina, débil calificado como horizonte cámbico por variar su color con respecto al horizonte transicional AB, de color pardo fuerte (7.5YR 5/8), de textura franco arcillo arenosa, y estructura granular, medio, moderado. La consistencia es muy friable a firme. No presenta pedregosidad superficial, y la gravosidad dentro del perfil está ausente. La permeabilidad es moderada y el drenaje es bueno.

Es de reacción extremadamente ácida (pH: 3,92 a 4,29), con una saturación de acidez entre 80 y 94 %. Los niveles de materia orgánica son altos a bajos (6,68 a 0,75 %); fósforo disponible bajo (1,0 a 0,5 ppm), y potasio disponible bajo (45 a 88 ppm). La CIC es bajo a medio (10,40 a 16,00 meq/100 gr de Suelo). El aluminio es el catión que se encuentra en

mayor concentración en el complejo arcillo – húmico (3,80 a 5,70 meq/100 gr de Suelo). El porcentaje de saturación de bases varía entre 20 y 6 %. La fertilidad natural es baja, cuadro 16b.

### **SUELO UVILLA**

Moderadamente profundo, ha desarrollado una secuencia de horizontes genéticos A-Bw-C, con un horizonte superficial de color pardo fuerte (7.5YR 5/8), identificado como epipedón ócrico por presentar valúe y croma alto, de textura franca, y estructura granular, fina, débil; se encuentra sobre un horizonte, de color amarillo rojizo (7.5YR 6/8), de textura franca, y estructura en bloques subangulares, medios, moderados calificado como horizonte cámbico por variar su estructura y color con respecto al horizonte suprayacente. De consistencia friable a firme, no presenta pedregosidad superficial, y la gravosidad dentro del perfil está ausente. La permeabilidad es moderada y el drenaje es bueno.

Químicamente, es de reacción extremadamente ácida (pH: 3,84 a 4,38), con un porcentaje de saturación de acidez entre 84 y 87 %. El nivel de materia orgánica es medio (3,16 %); fósforo disponible bajo (2,3 a 1,4 ppm), y potasio disponible bajo (46 ppm). La CIC es bajo (8,96 a 11,04 meq/100 gr de Suelo). El aluminio es el catión que se encuentran en mayor concentración en el complejo arcillo – húmico (7,50 meq/100 gr de Suelo). El porcentaje de saturación de bases varía entre 16 y 13 %. La fertilidad natural es baja, cuadro 16c.

### **SUELO MOHENA**

Moderadamente profundo, presenta una secuencia de horizontes genéticos A-AB-Bw-BC-C, con un horizonte superficial delgado (6cm), de color pardo oscuro (7.5YR 3/3), identificado como epipedón ócrico, de textura franca, y estructura granular, grueso, moderado; se encuentra sobre un horizonte, de color rojo amarillento (5YR 5/6), de textura franco arcillo arenosa, y estructura es bloques subangulares, medio, moderado, calificado como horizonte cámbico por presentar un fuerte cambio de color con relación al horizonte transicional AB, de color pardo oscuro (7.5YR 4/4), de textura franco arenosa, y estructura granular, grueso, moderado. Es de consistencia firme a adhesiva. No presenta pedregosidad superficial, y la gravosidad dentro del perfil está ausente. La permeabilidad es moderada y el drenaje es bueno.

Es de reacción extremadamente ácida (pH: 4,30 a 4,44), con una saturación de acidez entre 76 y 94 %. Los niveles de materia orgánica altos (9,69 a 6,19 %); fósforo disponible bajos (2,3 a 1,0 ppm), y potasio disponible de bajo a medio (73 a 138 ppm). La CIC es medio (20,32 a 19,20 meq/100 gr de Suelo). El aluminio es el catión que se encuentran en mayor concentración en el complejo arcillo – húmico (5,90 a 15,20 meq/100 gr de Suelo). El porcentaje de saturación de bases varía entre 24 y 6 %. La fertilidad natural es baja. Cuadro 16c.

Los suelos descritos, presentan diferente distribución de horizontes de diagnóstico, unos tienen el horizonte subsuperficial cámbico directamente debajo del epipedón ócrico, suelos Horizonte, Shebon y Uvilla y otros poseen un horizonte intermedio entre los dos, suelos Colina, Santa Rosa y Mohena, sin embargo, han desarrollado similares características de diagnóstico, epipedón ócrico y horizonte cámbico, este último indica un desarrollo incipiente del suelo. La Soil Taxonomy los califica como pertenecientes al orden **Inceptisols**. Estos suelos, se han formado bajo un régimen de humedad údico, el cual indica un estado en que el suelo está seco, en la sección control de humedad, no más de 90 días acumulados, en años normales, lo que es observable en la zona, por lo que se agrupan dentro del suborden de los **Udepts** (Soil Survey Staff, 2014). El análisis químico de los perfiles, generó una saturación de bases inferior a 60% dentro de los 25-75cm de profundidad, siendo más bajo en el suelo Shebon (6-7%) Estos valores califican a estos suelos dentro del Grangrupo de los **Dystrudepts**. Una disminución irregular del contenido de carbono orgánico con la profundidad también se observó, lo cual revela su carácter fluvéntico.

En base a lo discutido, en los párrafos precedentes, los seis suelos son clasificados, a nivel de subgrupo de la Soil Taxonomy 2014, como **Fluventic Dystrudepts** y su identificación vernácula por su localización serían **suelo Horizonte, suelo Colina, suelo Shebon, suelo Santa Rosa, suelo Uvilla y suelo Mohena**, respectivamente.

**E.** Mayor desarrollo presentan los suelos Libertad y Tornillo, en colinas bajas del cuaternario y el suelo Sargento, en terrazas medias.

### **SUELO LIBERTAD**

Moderadamente profundo (80-100cm), presenta una secuencia de horizontes genéticos A-AB-Bw-C, con horizonte superficial de color pardo amarillento (10YR 5/6), identificado como epipedón ócrico, por tener valúe y croma de color alto, mayor de 3, de textura franco arcillosa, y estructura granular, fina, débil; se encuentra sobre un horizonte, de color rojo (2.5YR 5/8), de textura franco arcillo arenosa, y estructura en bloque subangular, fino, moderado identificado como horizonte cámbico, por presenta un cambio de color y estructura con referencia al horizonte transicional AB, de color pardo amarillento oscuro (10YR 4/4), de textura franco arcillo arenosa, y estructura granular, medio, moderado. La consistencia es muy friable a firme. No presenta pedregosidad superficial, y la gravosidad dentro del perfil está ausente. La permeabilidad es moderada y el drenaje es bueno.

Químicamente es de reacción muy fuertemente ácida a extremadamente ácida (pH: 4,66 a 4,15), con una saturación de acidez entre 77 y 89 %. El nivel de materia orgánica bajo (1,35 %); fósforo disponible bajo (3,5 ppm), y potasio disponible bajo (35 ppm). La CIC es bajo (6,08 a 12,48 meq/100 gr de Suelo). El aluminio es el catión que se encuentran en mayor concentración en el complejo arcillo – húmico (2,30 meq/100 gr de Suelo). El porcentaje de saturación de bases varía entre 33 y 11 %. La fertilidad natural es baja.

### **SUELO TORNILLO**

Moderadamente profundo (50-65cm), presenta una secuencia de horizontes genéticos A-AB-Bw-C, con horizonte superficial de color amarillo rojizo (7.5YR 6/6), identificado como epipedón ócrico por presentar valúe y croma alto dentro de la determinación de color, de textura arena franca, y estructura granular, fina, débil; se encuentra sobre un horizonte de color rojo amarillento (5YR 5/8), de textura franco arcillo arenosa, y estructura en bloques subangulares, medio, débil, calificado como horizonte cámbico por mostrar un cambio de color y estructura con relación al horizonte transicional AB, de color pardo fuerte (7.5YR 5/6), de textura franco arenosa, y estructura granular, media, fina. De consistencia muy friable a firme. No presenta pedregosidad superficial, y la gravosidad dentro del perfil está ausente. La permeabilidad es moderadamente rápida y el drenaje es moderado.

Es de reacción extremadamente ácida (pH: 3,87 a 4,38), con una saturación de acidez entre 76 y 88 %. El nivel de materia orgánica bajo (1,28 %); fósforo disponible bajo (3,9 ppm), y potasio disponible bajo (36 ppm). La CIC es bajo (7,04 a 24 meq/100 gr de Suelo). El aluminio es el catión que se encuentran en mayor concentración en el complejo arcillo – húmico (3,90 meq/100 gr de Suelo). El porcentaje de saturación de bases varía entre 24 y 12 %. La fertilidad natural es baja.

### **SUELO SARGENTO**

Profundo (100-120cm), presenta una secuencia de horizontes genéticos A-AB-Bw-C, con horizonte superficial de color pardo amarillento (10YR 5/6), identificado como epipedón ócrico, de textura arena franca, con estructura granular, fina, débil; se encuentra sobre un horizonte de color pardo amarillento (10YR 5/6), de textura franco arenoso, y estructura en bloques subangulares, identificado como horizonte cámbico por presentar cambio de color y estructura con respecto al horizonte suprayacente AB de color amarillo pardusco (10YR 6/8), de textura arena franca, y estructura granular, medio, débil. De consistencia muy friable a muy firme. No se aprecia pedregosidad superficial, y la gravosidad dentro del perfil está ausente. La permeabilidad es moderadamente rápida y el drenaje es imperfecto a moderado.

Es de reacción extremadamente ácida (pH: 4,25 a 4,42), con un porcentaje de saturación de acidez entre 69 y 88 %. Los niveles de materia orgánica son medios a bajos (3,07 a 0,82 %); fósforo disponible bajo (1,0 a 0,5 ppm), y potasio disponible bajo (58 a 74 ppm). La CIC es baja (8,64 a 9,60 meq/100 gr de Suelo). El aluminio es el catión que se encuentra en mayor concentración en el complejo arcillo – húmico (2,10 a 5,90 meq/100 gr de Suelo). El porcentaje de saturación de bases varía entre 31 y 12. La fertilidad natural es baja.

Los suelos descritos, presentan similar distribución de horizontes y similares características de diagnóstico, epipedón ócrico y horizonte cámbico, este último indica un desarrollo incipiente del suelo. La Soil Taxonomy los califica como pertenecientes al orden **Inceptisols**. Estos suelos, se han formado bajo un régimen de humedad údico, el cual indica un estado en que el suelo está seco, en la sección control de humedad, no más de 90 días acumulados, en años normales, lo que es observable en la zona, por lo que se

agrupan dentro del suborden de los **Udepts** (Soil Survey Staff, 2014). El análisis químico de los perfiles, generó una saturación de bases inferior a 60% dentro de los 25-75cm de profundidad, cuadros 16c y 16d. Estos valores califican a estos suelos dentro del Grangrupo de los **Dystrudepts**. El contenido de carbono orgánico disminuye de manera regular con la profundidad y alcanza valores menores a 0,2% a 125cm de profundidad por lo que su carácter Typic es evidente.

En base a lo discutido, en los párrafos precedentes, estos suelos son clasificados, a nivel de subgrupo de la Soil Taxonomy 2014, como **Typic Dystrudepts** y su identificación vernácula por su localización serían **suelo Libertad, suelo Tornillo, suelo Sargento**, respectivamente.

**F.** Los suelos más desarrollados del área son el suelo Cedro, el suelo Caoba y el suelo Pijuayo, en ellos se observa el resultado de procesos de iluviación de arcillas con incremento del contenido de arcilla y formación de clays skins.

### **SUELO CEDRO**

Profundo (100-120cm), presenta una secuencia de horizontes genéticos A-BA-Bt-C, con horizonte superficial de color pardo fuerte (7.5YR 5/6), identificado como epipedón órico, por presentar valú y croma alto, de textura franco arenosa, y estructura granular, muy fina, débil; se encuentra sobre un horizonte de color amarillo rojizo (5YR 5/6), de textura franco arcillosa, y estructura en bloques subangulares, fino, débil, calificado como horizonte argílico al cumplir los parámetros de acumulación de arcilla, con formación de clays skins, entre ambos se encuentra un horizonte transicional BA, de color rojo amarillento (5YR 5/8), de textura franco arcillo arenosa, y estructura en bloque subangular, fino, débil; en la partes profundas se encuentran moteaduras de color pardo fuerte a pardo amarillento (7.5YR 5/6 – 10YR 5/8) en húmedo al 30 %. De consistencia muy friable a firme. No presenta pedregosidad superficial, y la gravosidad dentro del perfil está ausente. La permeabilidad es moderada y el drenaje es moderado.

Es de reacción extremadamente ácida (pH: 4,03 a 4,46), porcentaje de saturación de acidez entre 68 y 91 %. Los niveles de materia orgánica es media (2,22 %); fósforo disponible

bajo (4,0 ppm), y potasio disponible bajo (43 ppm). La CIC es baja a alto (6,08 a 23,20meq/100 gr de Suelo). El aluminio es el catión que se encuentran en mayor concentración en el complejo arcillo – húmico (2,90 meq/100 gr de Suelo). El porcentaje de saturación de bases varía entre 32 y 9 %. La fertilidad natural es baja.

### **SUELO CAOBA**

Profundo (100-120cm), presenta una secuencia de horizontes genéticos A-AB-Bt-C, con horizonte superficial, de color amarillo rojizo (7.5YR 6/6), identificado como epipedón ócrico, por presentar valúe y croma alto, de textura franco arenosa, y estructura granular, fina, débil; se encuentra sobre un horizonte de color rojo (2.5YR 5/8), de textura franco arcillo arenosa, y estructura en bloques subangulares, medio, moderado, calificado como horizonte argílico, por cumplir con los parámetros de acumulación de arcilla y formación de clays skins en la superficie de los peds, entre ambos se encuentra un horizonte transicional AB, de color amarillo rojizo (7.5YR 6/8), de textura franco arenosa, y estructura granular, fina, moderada. De consistencia muy friable a friable. No presenta pedregosidad superficial, y la gravosidad dentro del perfil está ausente. La permeabilidad es moderada y el drenaje es bueno.

Es de reacción extremadamente ácida (pH: 4,14 a 4,42), con una saturación de acidez entre 80 y 92 %. Los niveles de materia orgánica medios a bajos (2,09 a 1,95 %); fósforo disponible bajo (0,1 ppm), y potasio disponible bajo (33 a 23 ppm). La CIC es muy bajo a medio (3,84 a 11,68 meq/100 gr de Suelo). El aluminio es el catión que se encuentran en mayor concentración en el complejo arcillo – húmico (1,50 a 2,40 meq/100 gr de Suelo). El porcentaje de saturación de bases varía entre 20 y 8 %. La fertilidad natural es baja.

### **SUELO PIJUAYO**

Profundo (100-120cm), presenta una secuencia de horizontes genéticos A-AB-Bt-C, con horizonte superficial de color pardo fuerte (7.5YR 5/8), identificado como epipedón ócrico, por presentar valores altos de valúe y croma, de textura franco arenosa, y estructura granular, fina, débil; se encuentra sobre un horizonte, de color amarillo rojizo (7.5YR 6/6), de textura franca, y estructura bloques subangulares, fino, débil; calificado como horizonte argílico por cumplir los parámetros de acumulación de arcilla con formación de clays skins en la superficie de los peds, entre ambos se encuentra un horizonte transicional AB, de

color pardo fuerte (7.5YR 5/8), de textura franca, y estructura granular, fina, débil. De consistencia muy friable a friable. No presenta pedregosidad superficial, y la gravosidad dentro del perfil está ausente. La permeabilidad es moderada y el drenaje es bueno.

Es de reacción extremadamente ácida (pH: 3,72 a 4,07), con una saturación de acidez entre 79 y 85 %. Los niveles de materia orgánica bajos (1,55 a 1,28 %); fósforo disponible bajo (1,20 a 1,40 ppm), y potasio disponible bajo (33 a 17 ppm). La CIC es bajo (8,00 a 7,36 meq/100 gr de Suelo). El aluminio es el catión que se encuentran en mayor concentración en el complejo arcillo – húmico (3,60 a 5,00 meq/100 gr de Suelo). El porcentaje de saturación de bases varía entre 21 y 15 %. La fertilidad natural es baja, cuadro 15d.

Los suelos descritos, presentan similar distribución de horizontes y similares características de diagnóstico, epipedón ócrico y horizonte argílico, con formación de clays skins y saturación de bases por suma de cationes menor a 35%. La Soil Taxonomy los califica como pertenecientes al orden **Ultisols**. Estos suelos, se han formado bajo un régimen de humedad údico, el cual indica un estado en que el suelo está seco, en la sección control de humedad, no más de 90 días acumulados, en años normales, lo que es observable en la zona, por lo que se agrupan dentro del suborden de los **Udults** (Soil Survey Staff, 2014). No son suelos viejos y no presentan características diferenciativas a nivel de Grangrupo, denominándolos por esta condición como pertenecientes al Grangrupo **Hapludults**. La formación de un horizonte argílico con un espesor menor a 25cm indica el carácter Inceptic del suelo por lo que es clasificado a nivel de subgrupo como **Inceptic Hapludults** y corresponde al suelo **Cedro**. Los otros dos suelos no presentan otras características diferenciativas por lo que son clasificados como **Typic Hapludults** y corresponde a los suelos **Caoba y Pijuayo**

#### **4.4 CARACTERÍSTICAS IMPORTANTES PARA LA CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA**

Existen diferentes características, además de las que se utilizan para agrupar los suelos (Cuadros 11 y 16a, 16b, 16c y 16d) y que son muy importantes para determinar el dominio taxonómico de un suelo. Se presentan dos de ellas: densidad aparente y valor “n”, los cuales se relacionan con la profundidad del suelo.

#### 4.4.1 DENSIDAD APARENTE

Normalmente, la densidad aparente se relaciona con la textura al considerar ambos el volumen total del suelo. La materia orgánica influencia a la textura del suelo y por lo tanto a la densidad aparente, mejorando sus condiciones para propósitos agrícolas. Se realizó un estudio de regresión lineal simple para observar la tendencia que existe entre la densidad aparente versus el porcentaje de materia orgánica, y el porcentaje de arcilla.

**A.** Para el suelo Nejilla, figura 11, se observa que la densidad aparente se incrementa a medida que se profundiza en el perfil, y disminuye el contenido de la materia orgánica, asimismo, en la figura 12, relaciona la densidad aparente con el porcentaje de arcilla la que está influenciada por la diversidad de material litológico que se fue depositando por las constantes crecientes del río, ahora, el incremento de la densidad aparente es debido a la compactación en el perfil del suelo por las capas menos profundas hacia las capas más profundas y no por la granulometría del perfil.

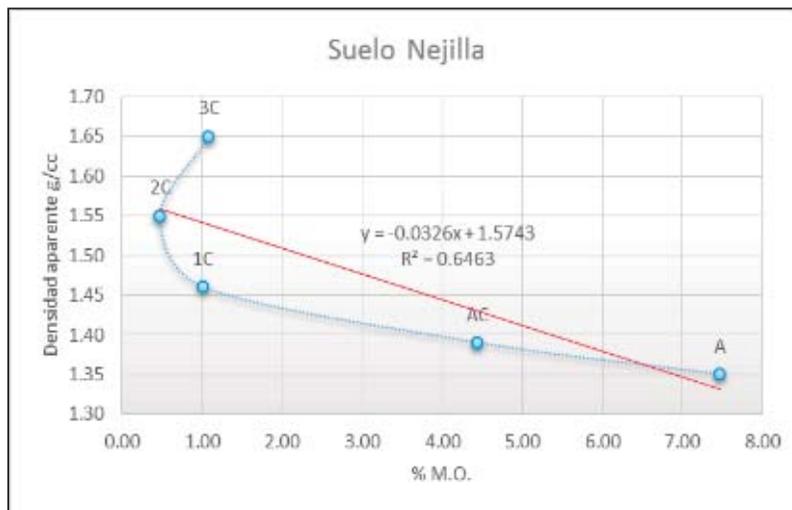


Figura 11: Densidad aparente vs Porcentaje de Materia orgánica. Suelo Nejilla.

**Fuente:** Elaboración propia.

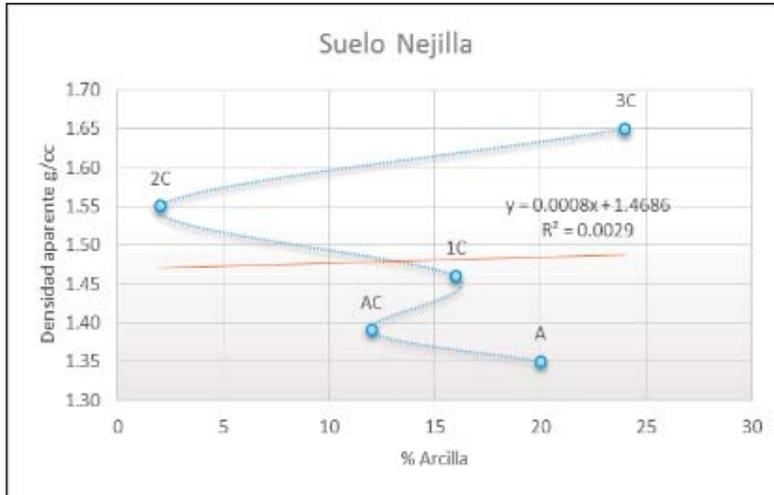


Figura 12: Densidad aparente vs Porcentaje de Arcilla. Suelo Nejilla.  
**Fuente:** Elaboración propia.

**B.** En los suelos Shimbillo (Figura 13); Caoba, Mohena y Huasai (Figura 14); Colina, Santa Rosa y Shebon (Figura 15); y Horizonte (Figura 16), se observa similar tendencia con respecto al suelo Nejilla, en cuanto al incremento de la densidad aparente a medida que decrece el porcentaje de materia orgánica, con el aumento de la profundidad en el perfil, la materia orgánica otorga una densidad aparente baja por el aumento de los espacios porosos.

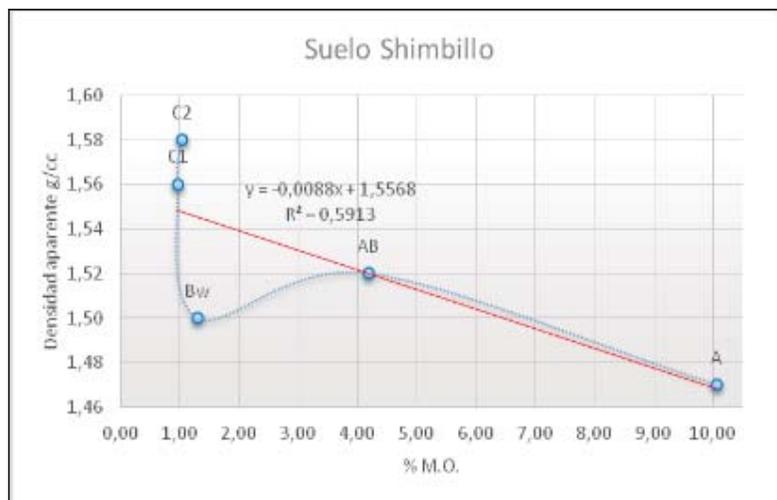


Figura 13: Densidad aparente vs Porcentaje de Materia orgánica. Suelo Shimbillo.  
**Fuente:** Elaboración propia.

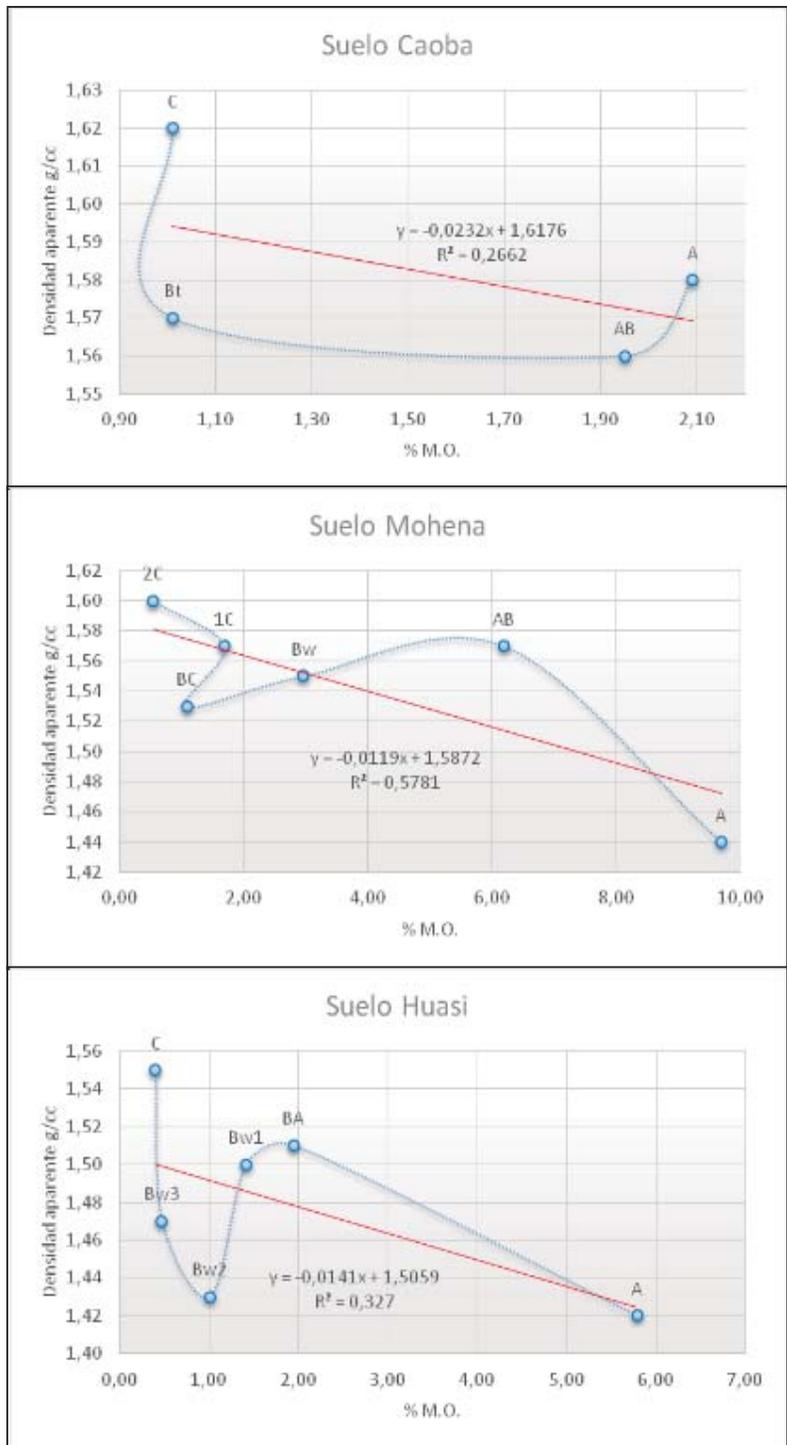


Figura 14: Densidad aparente vs Porcentaje de Materia orgánica. Suelos Caoba, Mohena y Huasai.  
**Fuente:** Elaboración propia.

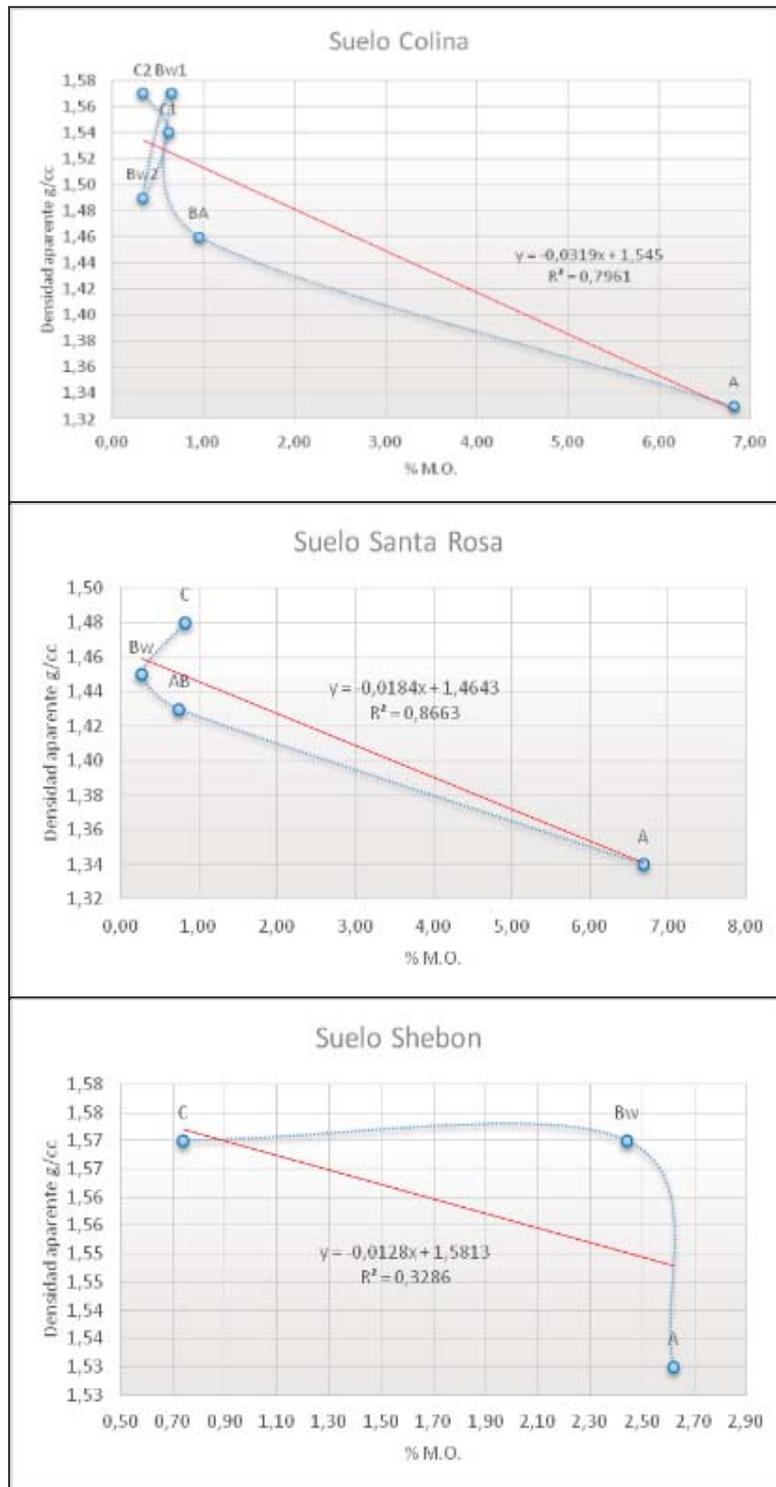


Figura 15: Densidad aparente vs Porcentaje de Materia orgánica. Suelos Colina, Santa Rosa y Shebon.

Fuente: Elaboración propia.

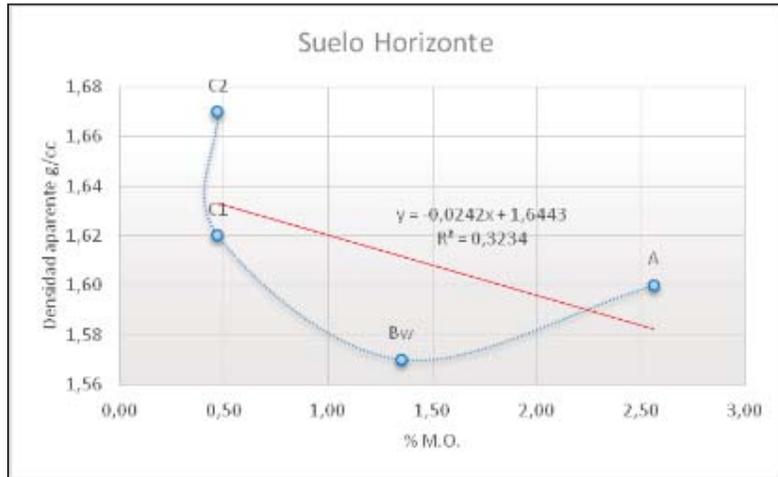


Figura 16: Densidad aparente vs Porcentaje de Materia orgánica. Suelo Horizonte.

**Fuente:** Elaboración propia.

Para los mismos suelos, se relacionan la densidad aparente con el porcentaje de arcilla, se observa, figuras 17, 18, 19 y 20, un aumento de la densidad aparente a medida que se incrementa el porcentaje de arcilla con la profundidad, para estos suelos, el aumento de la densidad aparente se debe a dos factores: la compactación de las capas superficiales contra las capas más profundas, disminuyendo el volumen y el movimiento descendente de las partículas de arcillas (proceso de iluviación y eluviación) que rellenan los espacios porosos de las capas subyacentes, aumenta su masa. Estos suelos presentan un desarrollo genético moderado.

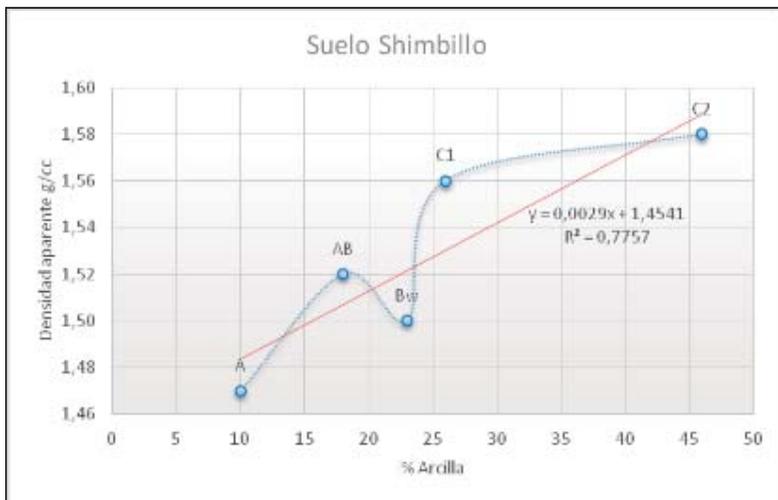


Figura 17: Densidad aparente vs Porcentaje de Arcilla. Suelo Shimbillo.

**Fuente:** Elaboración propia.

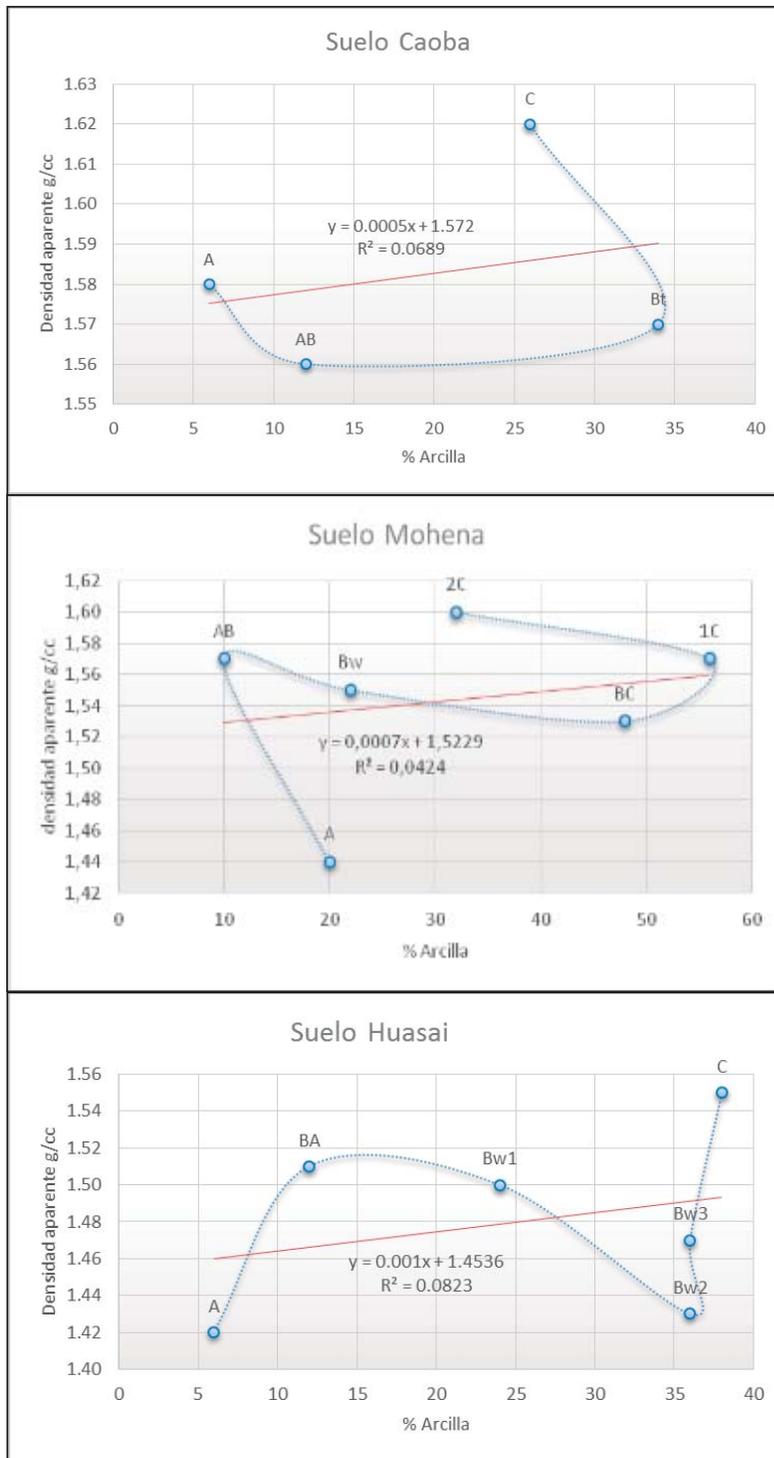


Figura 18: Densidad aparente vs Porcentaje de Arcilla. Suelos Caoba, Mohena y Huasai.

**Fuente:** Elaboración propia.

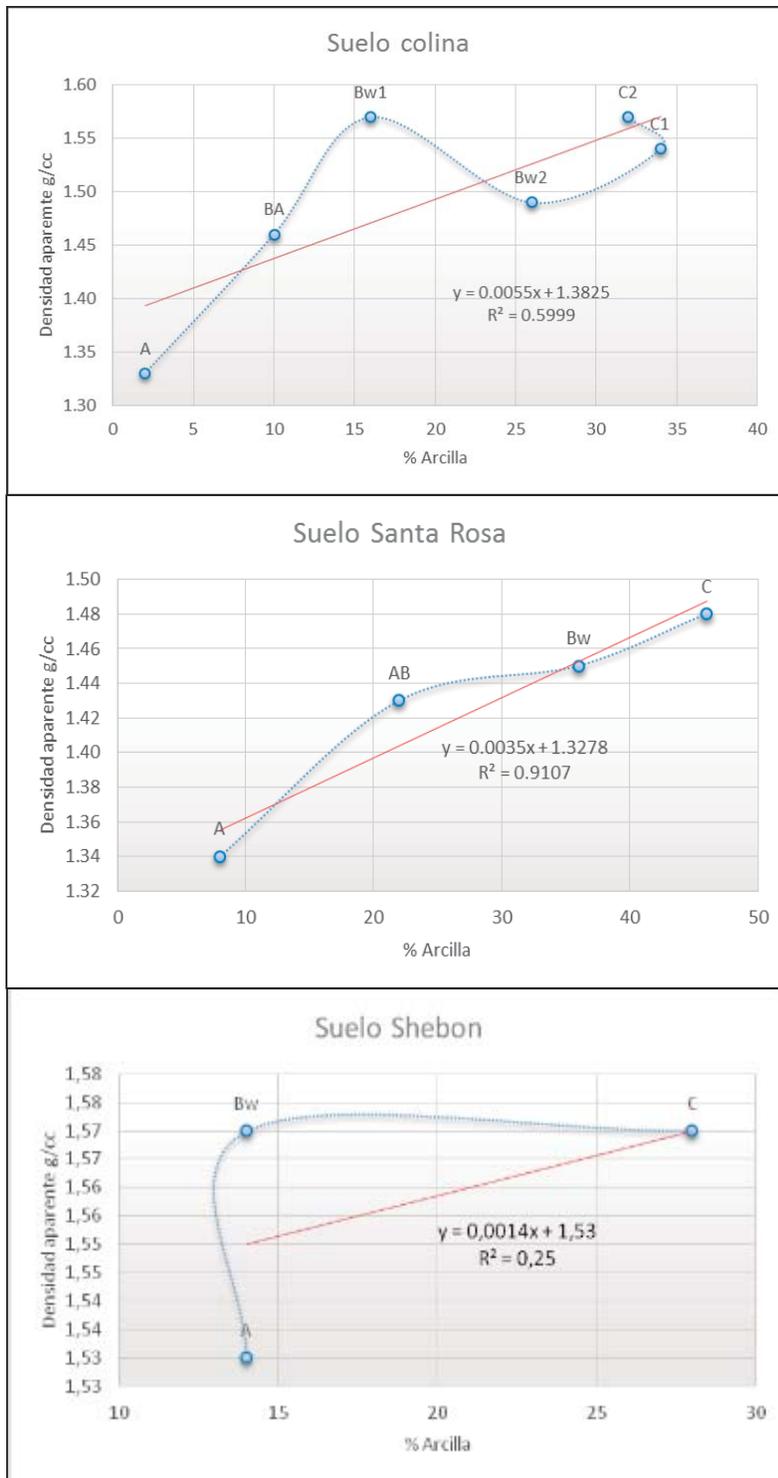


Figura 19: Densidad aparente vs Porcentaje de Arcilla. Suelos Colina, Santa Rosa y Shebon.

Fuente: Elaboración propia.

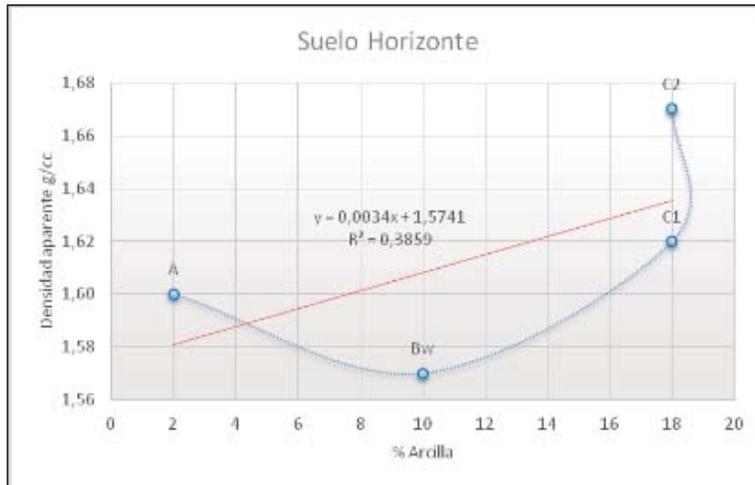


Figura 20: Densidad aparente vs Porcentaje de Arcilla. Suelo Horizonte.

**Fuente:** Elaboración propia.

En los suelos Libertad (Figura 21); Sargento, Cedro y Tornillo (Figura 22); y Palmera (Figuras 23), se observa una alta densidad aparente en el primer horizonte, la cual va disminuyendo al mismo tiempo que decrece el porcentaje de la materia orgánica, todo con el aumento de la profundidad de los perfiles. Cabe mencionar que estos suelos exhiben características propias a la clase textural gruesa a moderadamente gruesa; asimismo, los análisis efectuados en laboratorio, demuestran que estos suelos presentan altos porcentajes de limo y arena, razón por la que la densidad aparente es mayor, y cabe indicar que los niveles de materia orgánica no son significativos para modificar estos valores.

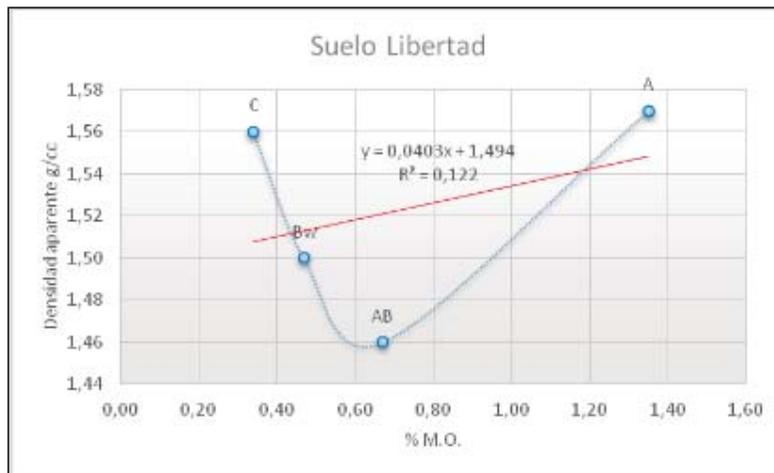


Figura 21: Densidad aparente vs Porcentaje de Materia orgánica. Suelo Libertad.

**Fuente:** Elaboración propia.

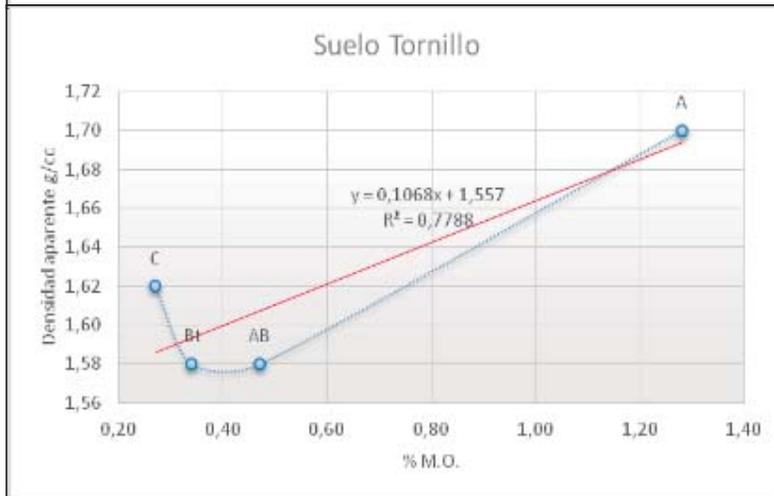
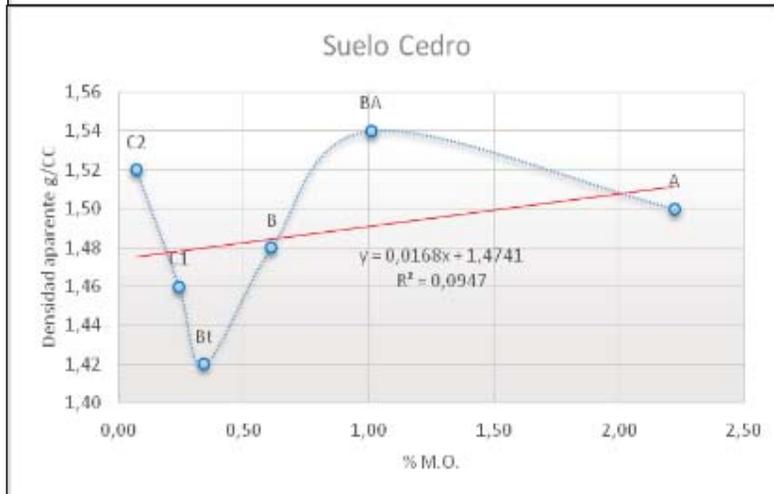
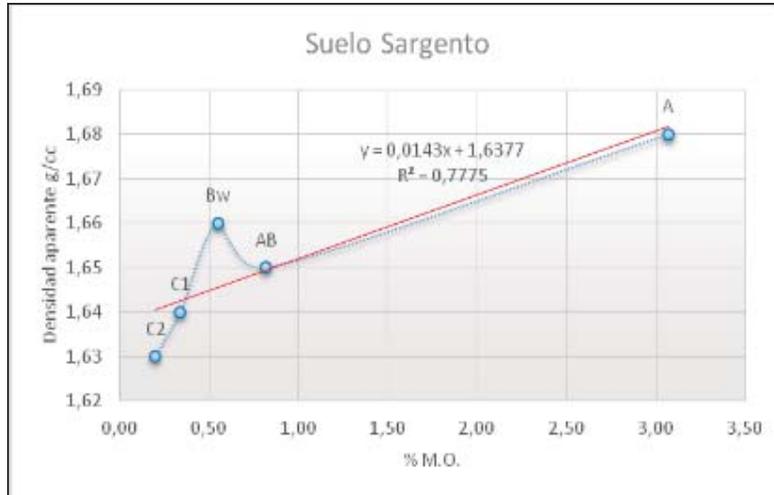


Figura 22: Densidad aparente vs Porcentaje de Materia orgánica. Suelos Sargento, Cedro y Tornillo.

**Fuente:** Elaboración propia.

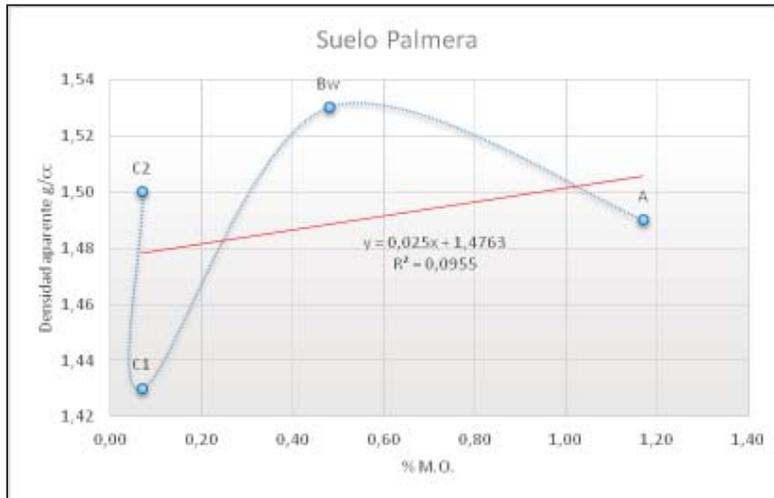


Figura 23: Densidad aparente vs Porcentaje de Materia orgánica. Suelo Palmera.

**Fuente:** Elaboración propia.

En los mismos suelos, se relacionan densidad aparente con porcentaje de arcilla, figuras 24, 25 y 26, se observa que la densidad aparente disminuye mientras aumenta el porcentaje de arcilla con la profundidad; esto es posible debido a que están influenciados por el proceso de iluviación de arcillas en un estado muy avanzado por las fuertes lluvias que se presentan en la zona durante el año, es decir estos suelos presenta desarrollo genético moderado, su clase textural moderadamente fina a fina en los horizontes inferiores, determina una mayor porosidad, y densidad aparente menor.

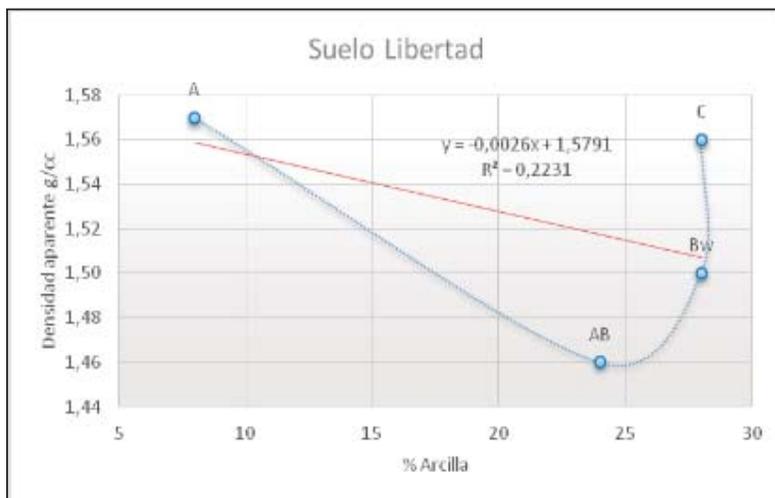


Figura 24: Densidad aparente vs Porcentaje de Arcilla. Suelo Libertad.

**Fuente:** Elaboración propia.

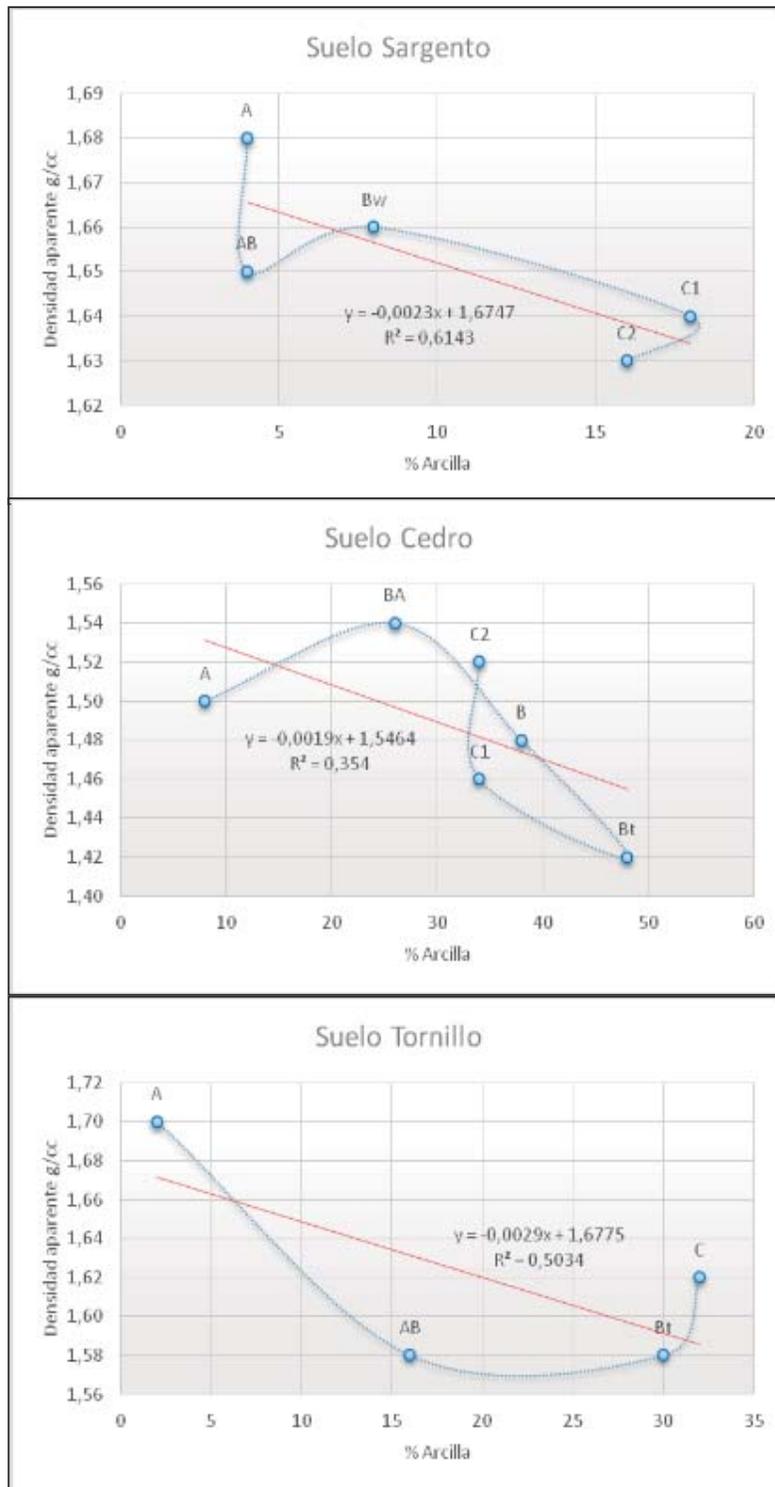


Figura 25: Densidad aparente vs Porcentaje de Arcilla. Suelos Sargento, Cedro y Tornillo.

**Fuente:** Elaboración propia.

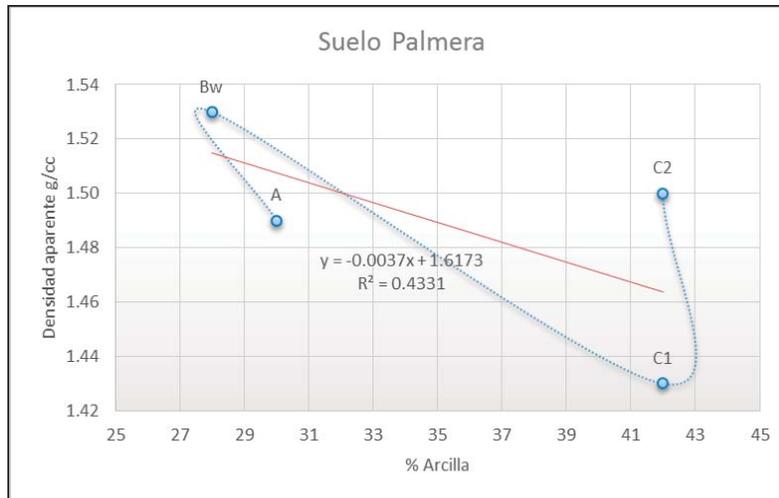


Figura 26: Densidad aparente vs Porcentaje de Arcilla. Suelo Palmera.

**Fuente:** Elaboración propia.

**C.** En los suelos Capirona (Figura 27); Uvilla y Pijuayo (Figura 28), se observa que existe un aumento en la densidad aparente en relación a la disminución del porcentaje de materia orgánica la cual está vinculada al proceso de compactación que presenta en algunos horizontes del perfil.

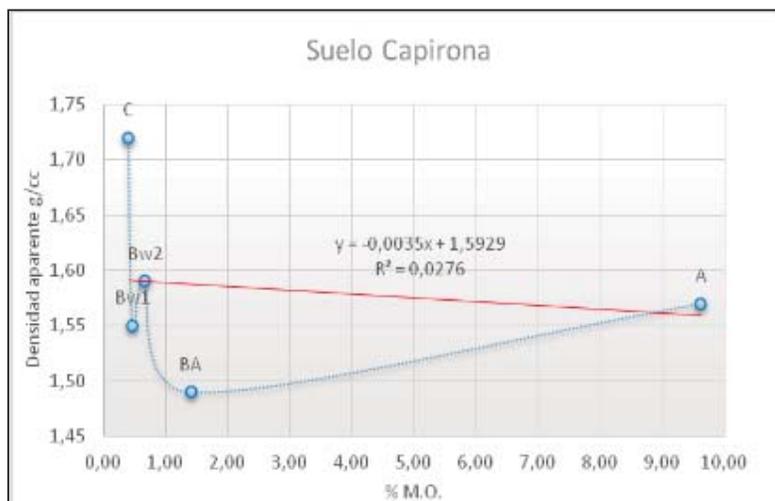


Figura 27: Densidad aparente vs Porcentaje de Materia orgánica. Suelo Capirona.

**Fuente:** Elaboración propia.

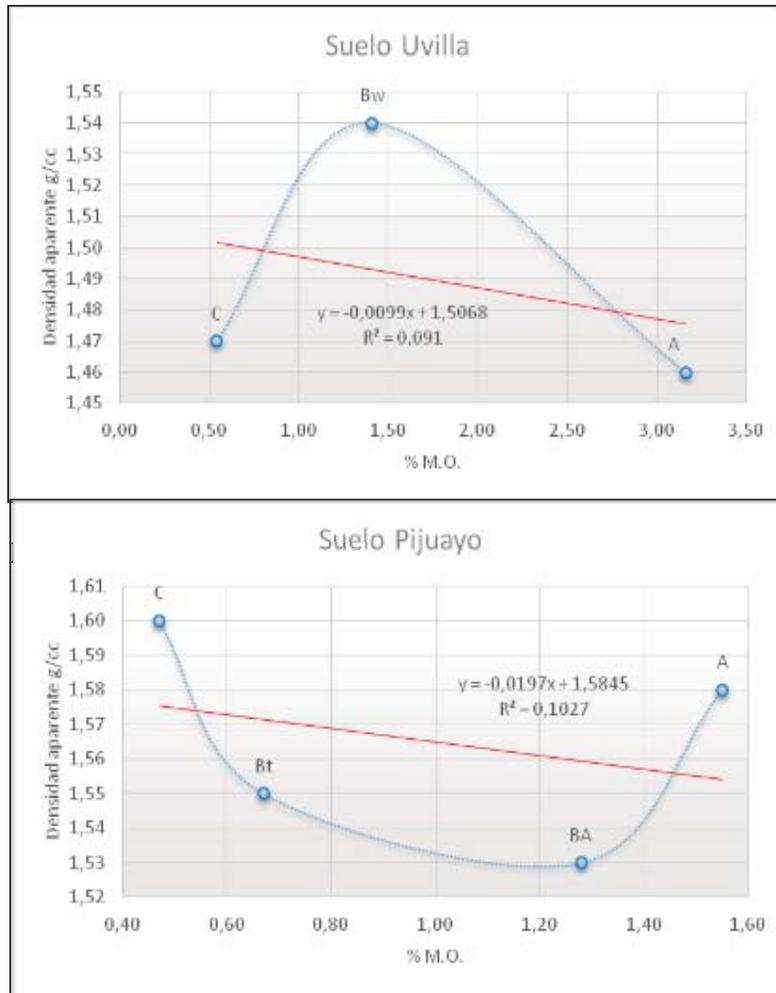


Figura 28: Densidad aparente vs Porcentaje de Materia orgánica. Suelos Uvilla y Pijuayo.

**Fuente:** Elaboración propia.

Asimismo, se observa para los mismos suelos, que la densidad aparente decrece en relación al aumento del porcentaje de arcilla en el perfil del suelo, Figura 29, estos valores se manifiestan por la clase textural de los perfiles, y la compactación que se da por las capas superiores contra las capas más profundas.

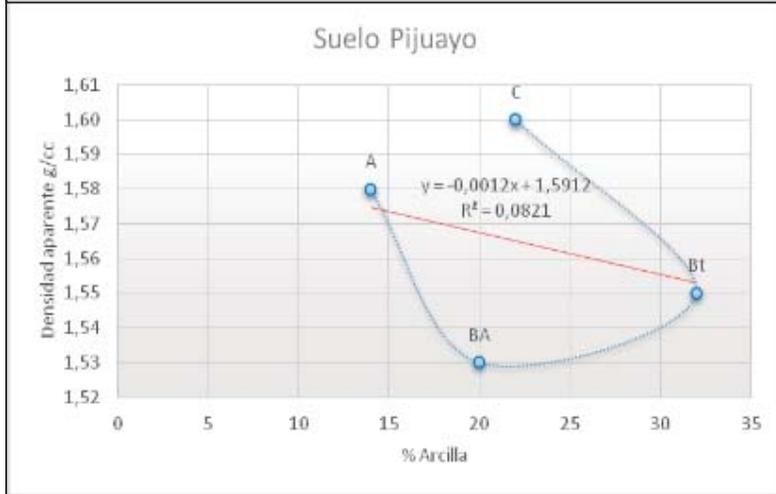
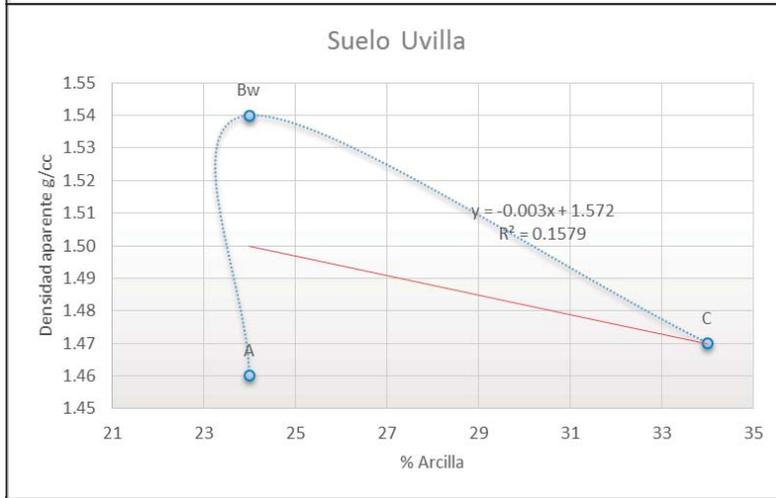
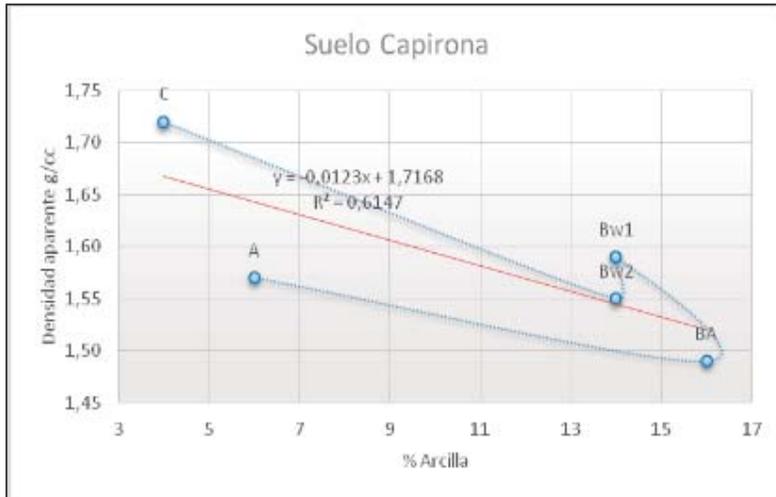


Figura 29: Densidad aparente vs Porcentaje de Arcilla. Suelos Capirona, Uvilla y Pijuayo.

**Fuente:** Elaboración propia.

El aumento de la densidad aparente en las capas más profundas se le otorga a el grado de compactación de los horizontes superiores contra los inferiores y no es un indicador del desarrollo del suelo, mientras que el aumento de la densidad producto del movimiento descendente de las partículas de arcillas desde los horizontes superficiales si es un indicador de desarrollo del suelo, esto ocurre especialmente en suelos con un moderado o avanzado desarrollo produciéndose los slickensides o películas de arcillas en las paredes de los peds. En suelos donde exista un buen contenido de arcilla en sus capas profundas y no exista un aumento en su densidad es posible que su desarrollo no se deba al proceso de movimiento descendente de las arcillas por completo si no a otro factor de formación presente en el medio.

Todos los suelos en sus capas superficiales presentan una elevada densidad la cual es debido a la clase textural gruesa a moderadamente gruesa que presentan, originada en pendientes superiores a 25 %, la perdida de material suelo por erosión producido por la elevada precipitación pluvial en la zona.

#### **4.4.2 VALOR “n”**

El valor “n” crítico es 0,7 (Schargel y Delgado, 1990). Cuando está por debajo de 0,7 el suelo superficial puede soportar una carga animal alta. En cambio, si el valor “n” está entre 0,7 y 1,0 la capacidad de soporte disminuye y los animales se desplazan con dificultad. Adicionalmente, si el pastoreo se realiza cuando existen valores “n” altos, también estará presente una lámina de inundación y esto acarreará consecuencias desfavorables para la estructura del suelo.

En el Cuadro 17, se observa que todos los suelos presentan un valor “n” menor al valor n crítico (valor  $n \leq 0.7$ ) según la Soil Taxonomy (Soil Survey Staff, 2014); lo que indica que estos suelos presentan buenas condiciones para el soporte del tránsito y el peso del ganado, además de otras cargas, asimismo, en todos estos suelos no se presentara encharcamientos o lámina de agua que signifique la presencia de mal drenaje y la posible degradación o destrucción de su estructura con la pérdida del suelo por erosión laminar.

Cuadro 17: Valor “n” en los 30 primeros centímetros de los perfiles de Suelos.

Suelos	Hor.	Textura	% agua a CC	% Limo	% Arena	% Arcilla	% MO	Valor “n”
Nejilla	A	Fr	19,06	36	44	20	7,47	0,072
	AC	Fr	15,69	38	50	12	4,44	-0,076
	1C	Fr	16,96	34	50	16	1,01	0,008
Sargento	A	AFr	8,69	14	82	4	3,07	-0,795
	AB	AFr	8,69	14	82	4	0,82	-1,626
Shebon	A	FrA	10,45	28	58	14	2,62	-0,309
	Bw	FrA	11,26	30	56	14	2,44	-0,279
Shimbillo	A	Fr	16,16	48	42	10	10,06	-0,046
	BA	Fr	19,54	46	36	18	4,19	0,103
	Bw	Fr	22,24	49	28	23	1,30	0,254
Uvilla	A	Fr	20,89	36	40	24	3,16	0,17
	Bw	Fr	20,61	34	42	24	1,41	0,192
Santa Rosa	A	FrA	11,63	22	70	8	6,68	-0,241
	AB	FrArA	18,59	26	52	22	0,75	0,123
Pijuayo	A	FrA	15,49	30	56	14	1,55	-0,092
	AB	Fr	18,23	30	50	20	1,28	0,094
Horizonte	A	AFr	7,78	14	84	2	2,56	-1,221
	Bw	FrA	11,71	16	74	10	1,35	-0,447
Mohena	A	Fr	18,64	36	44	20	9,69	0,054
	AB	FrA	15,40	24	66	10	6,19	-0,091
Cedro	A	FrA	12,47	28	64	8	2,22	-0,405
Huasai	A	FrA	11,55	28	66	6	5,79	-0,31
	BA	FrA	14,85	32	56	12	1,95	-0,154
	Bw1	FrArA	18,95	22	54	24	1,41	0,133
Caoba	A	FrA	11,28	26	68	6	2,09	-0,613
	AB	FrA	14,57	30	58	12	1,95	-0,17
Tornillo	A	AFr	8,70	24	74	2	1,28	-1,866
Libertad	A	FrA	12,19	26	66	8	1,35	-0,515
Capirona	A	FrA	11,65	38	56	6	9,62	-0,205
	BA	Fr	16,54	34	48	16	1,41	0,007
Colina	A	FrA	9,73	28	70	2	6,82	-0,44
	BA	FrA	13,10	26	64	10	0,96	-0,38
Palmera	A	FrAr	23,63	36	34	30	1,17	0,287
	Bw	FrAr	21,61	28	44	28	0,48	0,245

Fuente: Elaboración propia.

## **4.5 FAMILIA DE SUELOS**

La clasificación taxonómica hasta nivel de subgrupo solo permite identificar y agrupar los suelos. El agrupamiento en familia además de proporcionar conceptos para determinar el posible uso del suelo diferencia los suelos que, a nivel de subgrupo presentan la misma clasificación.

### **4.5.1 DIFERENCIACIÓN DE FAMILIAS PARA SUELOS MINERALES**

Se realiza mediante el análisis de las características físico-químicas del suelo que no se han empleado en el agrupamiento general. El nombre de la familia es de carácter descriptivo.

Las características que se emplean de manera secuencial son:

1. Clase de Tamaño de Partículas
2. Clase de Materiales Transportados y/o Alterados por el Hombre
3. Clase de Mineralogía
4. Clase de Actividad de Intercambio Catiónico
5. Clase de Reacción y Calcáreo
6. Clase de Temperatura del Suelo
7. Clase por Profundidad del Suelo
8. Clase por Resistencia a la Ruptura
9. Clase de Recubrimiento sobre Arenas
10. Clases de Grietas Permanentes

Los cuatro últimos son dirigidos hacia suelos específicos, los cuales no se han identificado en el área, además, por tratarse de una zona no intervenida, no existe materiales alterados o transportados por el hombre, y la temperatura del suelo es la misma para todos, por lo que la clase de tamaño de partículas, la clase de mineralogía, la clase de actividad de intercambio catiónico y la clase de reacción son las características para familia de suelos que se analizaron.

#### 4.5.2 CLASE DE TAMAÑO DE PARTÍCULA Y SUS SUSTITUTOS

La clase de tamaño de partículas es aplicado a ciertos horizontes del suelo dentro de límites de profundidad específica, denominada sección de control. Para el caso de los suelos identificados la sección de control es considerado el espesor entre los 25 - 100 cm. de profundidad. En el cuadro 18, se presenta la clase textural, en la sección control, para cada uno de los suelos.

Cuadro 18: Clase textural en los Suelos Identificados.

Nombre del Suelo	Sub grupo	Clase textural predominante
Nejilla	Typic Udifluvents	Franco/Arena franca
Huasai	Dystric Fluventic Eutrudepts	Arcillo arenosa
Shimbillo		Franco/Arcilla
Capirona	Dystric Eutrudepts	Franco arenosa/Franco
Palmera		Franco arcillosa/Arcilla
Horizonte	Fluventic Dystrudepts	Franco arenosa
Colina		Franco arenosa/Franco arcillo arenosa
Shebon		Franco arenosa/Franco arcillo arenosa
Santa Rosa		Franco arcillo arenosa/Franco arcillosa
Uvilla		Franco/Franco arcillosa
Mohena		Franco arcillo arenosa/Arcilla
Libertad	Typic Dystrudepts	Franco arcillo arenosa
Tornillo		Franco arenosa/Franco arcillo arenosa
Sargento		Franco arenosa
Cedro	Inceptic Hapludults	Franco arcilloso/Arcilla
Caoba	Typic Hapludults	Franco arenosa/Franco arcillo arenosa
Pijuayo		Franco/Franco arcillo arenosa

**Fuente:** Elaboración Propia

**A.** En el suelo Nejilla, un Typic Udifluvents, con una clase textural franco sobre arena franca se observa, cuadro 19, que existe un buen porcentaje de arena en todos los horizontes del perfil llegando a superar el 70 % en el horizonte 2C, además se observa que no existe un secuencia estable, creciente o decreciente en el porcentaje de arcilla con respecto al incremento de la profundidad lo que demuestra que este suelo no tuvo el suficiente tiempo para desarrollarse y que aún presenta los procesos de acumulación de las capas de sedimentos dejados por el río anualmente, la clase de tamaño de partículas es definido para este suelo como **franca gruesa** (Soil Survey Staff, 2014).

Cuadro 19: Distribución de Tamaño de Partículas. Suelo Nejilla.

Suelo	Horz.	Prof. (Cm)	Arena					Limo (0.05 - 0.002)	Arcilla (< 0.002)	Clase Textural
			Muy Gruesa (2.0 - 1.0)	Gruesa (1.0 - 0.5)	Media (0.5 - 0.25)	Fina (0.25 - 0.1)	Muy Fina (0.1 - 0.05)			
NEJILLA	A	00-07	0,04	0,12	1,22	26,10	16,52	36	20	Fr
	AC	07-16	0,00	0,04	0,76	28,46	20,74	38	12	Fr
	1C	16-32	0,00	0,08	2,04	31,50	16,38	34	16	Fr
	2C	32-81	0,00	0,02	1,66	51,34	24,98	20	2	AFr
	3C	81-108	0,02	0,26	0,90	15,14	21,68	38	24	Fr

**Fuente:** Elaboración propia.

**B.** Para el caso de los suelos Huasai y Shimbillo, ambos del subgrupo Dystric Fluventic Eutrudepts, cuadro 17, se observa que presentan diferente clase textural; arcillo arenosa en el suelo Huasai y franco sobre arcilla en el suelo Shimbillo.

En el suelo Huasai, cuadro 20, los porcentajes de arenas gruesas a muy finas van disminuyendo mientras que el contenido de las arcillas va aumentando con respecto al incremento de la profundidad, además, su sección control está dominado por la clase textural arcillo arenosa en gran parte del pedón. No se observa un proceso de iluviación y eluviación de las arcillas debido a que el contenido de arcilla en el horizonte C es más elevado que los horizontes suprayacentes, es decir este suelo presenta un desarrollo moderado y su clase de tamaño de partícula es  **fina** (Soil Survey Staff, 2014).

Cuadro 20: Distribución de Tamaño de Partículas Suelo Huasai.

Suelo	Horz.	Prof. (Cm)	Arena					Limo (0.05 - 0.002)	Arcilla (< 0.002)	Clase Textural
			Muy Gruesa (2.0 - 1.0)	Gruesa (1.0 - 0.5)	Media (0.5 - 0.25)	Fina (0.25 - 0.1)	Muy Fina (0.1 - 0.05)			
HUASAI	A	00-07	0,18	4,94	14,28	21,96	24,64	28	6	FrA
	BA	07-14	0,08	1,56	12,38	19,74	22,24	32	12	FrA
	Bw1	14-30	0,00	3,5,	9,24	14,44	26,82	22	24	FrArA
	Bw2	30-51	0,00	0,00	10,94	22,82	12,24	18	36	ArA
	Bw3	51-82	0,00	0,00	12,24	19,56	16,20	18	36	ArA
	C	82-145	0,00	0,50	5,74	14,82	12,94	28	38	FrAr

**Fuente:** Elaboración propia.

En el suelo Shimbillo, por otro lado, cuadro 21, el contenido de las arenas no presenta un patrón definido (descendente o ascendente) y el contenido de las arcillas aumenta con la profundidad, similar característica al pedón del suelo Huasai. Asimismo, su sección control está dominada por la clase textural franca sobre arcilla. Su calificación como clase de tamaño de partícula es **franca fina** (Soil Survey Staff, 2014).

Cuadro 21: Distribución de Tamaño de Partículas Suelo Shimbillo.

Suelo	Horz.	Prof. (Cm)	Arena					Limo (0.05 - 0.002)	Arcilla (< 0.002)	Clase Textural
			Muy Gruesa (2.0 - 1.0)	Gruesa (1.0 - 0.5)	Media (0.5 - 0.25)	Fina (0.25 - 0.1)	Muy Fina (0.1 - 0.05)			
SHIMBILLO	A	0-06	2,46	4,64	12,42	20,04	2,44	48	10	Fr
	AB	06-15	0,00	2,48	7,28	11,28	14,96	46	18	Fr
	Bw	15-40	0,00	0,70	12,58	9,78	4,94	49	23	Fr
	C1	40-73	0,32	1,14	11,90	10,94	1,70	48	26	Fr
	C2	73-149	0,14	0,46	11,94	4,62	2,84	34	46	Ar

**Fuente:** Elaboración propia.

En ambos suelos, la distribución del tamaño de partículas no influencia de manera significativa la evolución del horizonte cámbico, es posible que otro factor como el contenido de materia orgánica, el carácter fluvéntico<sup>1</sup> y la penetración de las raíces a estas profundidades intervengan en la creación de la estructura en bloques.

**C.** Dentro del subgrupo Dystric Eutrudepts, cuadro 18, se encuentran los suelos Capirona y Palmera. El suelo Capirona con una textura franco arenosa sobre franco, exhibe en su sección control, cuadro 22, un elevado contenido de arena fina y muy fina con respecto a los horizontes suprayacentes, con una inflexión en el contenido de arcilla en el horizonte C, este cambio en la variación refleja que la distribución de tamaño de partícula está influenciando por la génesis del horizonte cámbico y es posible que esté iniciándose un proceso de eluviación de material fino del horizonte Bw1 hacia el Bw2, y ha desaparecido el carácter fluvéntico. La clase de tamaño de partícula asignada para este suelo es **franca gruesa**.

<sup>1</sup> Carácter Fluvéntico: Contenido de carbono orgánico es siempre mayor a 0.2 % a 1.25m de profundidad o su disminución es irregular en el perfil.

El suelo Palmera, cuadro 23, presenta similar tendencia en el contenido de arena fina y muy fina que el suelo Capirona, aunque los valores son más bajos, se puede estimar que están ocurriendo los mismos procesos de desarrollo en el pedón. La sección control está dominada en mayor parte por la clase textural arcillosa, otorgándole la clase de tamaño de partícula  **fina**. Asimismo, el desarrollo del horizonte cámbico presente no está muy influenciado por la pérdida o acumulación de las arcillas, otros factores como la materia orgánica, la pérdida del carácter fluvéntico o el ingreso de las raíces hacia estas profundidades son los que originan la estructura en bloques.

Cuadro 22: Distribución del Tamaño de Partícula Suelo Capirona.

Suelo	Horz.	Prof. (Cm)	Arena					Limo (0.05 - 0.002)	Arcilla (< 0.002)	Clase Textural
			Muy Gruesa (2.0 - 1.0)	Gruesa (1.0 - 0.5)	Media (0.5 - 0.25)	Fina (0.25 - 0.1)	Muy Fina (0.1 - 0.05)			
CAPIRONA	A	0-5	0,16	1,38	2,16	30,60	21,70	38	6	FrA
	BA	5-33	0,00	2,46	9,42	19,22	16,90	34	16	Fr
	Bw1	33-43	0,26	1,74	3,74	39,74	20,52	20	14	FrA
	Bw2	43-86	0,16	2,94	6,08	21,12	17,70	38	14	Fr
	C	86-163	0,12	5,56	14,28	37,06	30,98	8	4	A

**Fuente:** Elaboración propia.

Cuadro 23: Distribución del Tamaño de Partícula Suelo Palmera.

Suelo	Horz.	Prof. (Cm)	Arena					Limo (0.05 - 0.002)	Arcilla (< 0.002)	Clase Textural
			Muy Gruesa (2.0 - 1.0)	Gruesa (1.0 - 0.5)	Media (0.5 - 0.25)	Fina (0.25 - 0.1)	Muy Fina (0.1 - 0.05)			
PALMERA	A	7-26	1,34	2,22	4,98	13,42	12,04	36	30	FrAr
	Bw	26-40	0,04	0,22	1,32	16,64	25,78	28	28	FrAr
	C1	40-86	0,06	0,56	0,92	10,06	12,40	34	42	Ar
	C2	86-159	0,16	0,44	1,14	7,82	12,44	34	42	Ar

**Fuente:** Elaboración propia.

**D.** El Subgrupo Fluventic Dystrudepts, está formado por los suelos Horizonte, Colina, Shebon, Santa Rosa, Uvilla y Mohena, cuadro 18. En el suelo Horizonte, cuadro 24, se observa que la sección control está dominada por la clase textural franco arenosa, definida a nivel de clase de tamaño de partícula como franca gruesa. En este caso, no se observa un proceso definido de eluviación e iluviación de arcillas, dando a notar que el carácter fluvéntico y las raíces a estas profundidades ayudan a desarrollar la estructura en bloques y generándose el horizonte cámbico, en este pedón.

Cuadro 24: Distribución del Tamaño de Partícula Suelo Horizonte.

Suelo	Horz.	Prof. (Cm)	Arena					Limo (0.05 - 0.002)	Arcilla (< 0.002)	Clase Textural
			Muy Gruesa (2.0 - 1.0)	Gruesa (1.0 - 0.5)	Media (0.5 - 0.25)	Fina (0.25 - 0.1)	Muy Fina (0.1 - 0.05)			
HORIZONTE	A	0-23	6,50	14,82	18,44	34,04	10,20	14	2	AFr
	Bw	23-87	4,92	10,28	21,14	27,12	10,54	16	10	FrA
	C1	87-103	2,10	6,32	17,62	30,24	9,72	16	18	FrA
	C2	103-150	1,60	5,16	15,80	31,56	11,88	16	18	FrA

**Fuente:** Elaboración propia.

Los suelos Colina y Shebon, cuadro 25 y 26, respectivamente, presentan, en la sección control, la misma clase textural, franco arenosa sobre franco arcillo arenosa, por lo que su clase de tamaño de partícula es denominada **franca fina**, (Soil Survey Staff, 2014). Si bien su contenido de arcilla se incrementa con la profundidad, no presenta la inflexión característica indicativa del proceso de eluviación e iluviación y no se ha identificado la presencia de clays skins, el motivo por la que se formó el horizonte cámbico es debido al ingreso de las raíces y al cambio de color.

Cuadro 25: Distribución del Tamaño de Partícula Suelo Colina.

Suelo	Horz.	Prof. (Cm)	Arena					Limo (0.05 - 0.002)	Arcilla (< 0.002)	Clase Textural
			Muy Gruesa (2.0 - 1.0)	Gruesa (1.0 - 0.5)	Media (0.5 - 0.25)	Fina (0.25 - 0.1)	Muy Fina (0.1 - 0.05)			
COLINA	A	0-10	0,24	4,72	15,12	37,88	12,04	28	2	FrA
	BA	10-23	0,08	8,46	12,66	32,46	10,34	26	10	FrA
	Bw1	23-48	0,20	6,52	11,28	25,74	16,26	24	16	FrA
	Bw2	48-68	0,00	1,16	12,48	17,82	20,54	22	26	FrArA
	C1	68-102	0,08	0,46	3,26	17,08	27,12	18	34	FrArA
	C2	102-160	0,00	0,90	6,50	16,10	26,50	18	32	FrArA

**Fuente:** Elaboración propia.

Cuadro 26: Distribución del Tamaño de Partícula Suelo Shebon.

Serie	Horz.	Prof. (Cm)	Arena					Limo (0.05 - 0.002)	Arcilla (< 0.002)	Clase Textural
			Muy Gruesa (2.0 - 1.0)	Gruesa (1.0 - 0.5)	Media (0.5 - 0.25)	Fina (0.25 - 0.1)	Muy Fina (0.1 - 0.05)			
SHEBON	A	0-28	0,08	1,28	4,94	28,94	22,76	28	14	FrA
	Bw	28-55	0,18	2,46	7,48	30,28	15,60	30	14	FrA
	C	55-150	0,00	0,16	3,34	25,88	18,62	24	28	FrArA

**Fuente:** Elaboración propia.

Los suelos Santa Rosa y Uvilla, cuadros 27 y 28, a diferencia de los dos anteriores presentan una clase textural más fina en los horizontes iniciales de la sección control pero su calificación para clase de tamaño de partículas no cambia, es **franca fina** e igualmente

no existe la inflexión característico de los procesos eluviación – iluviación y no se observa clays skins, por lo que el horizonte formado es el cámbico debido a los mismo factores que de los suelos Colina y Shebon, (Soil Survey Staff, 2014).

Cuadro 27: Distribución del Tamaño de Partícula. Suelo Santa Rosa.

Suelo	Horz.	Prof. (Cm)	Arena					Limo (0.05 - 0.002)	Arcilla (< 0.002)	Clase Textural
			Muy Gruesa (2.0 - 1.0)	Gruesa (1.0 - 0.5)	Media (0.5 - 0.25)	Fina (0.25 - 0.1)	Muy Fina (0.1 - 0.05)			
SANTA ROSA	A	0-06	0,36	1,04	5,02	46,52	17,06	22	8	FrA
	AB	6-56	0,04	0,68	3,42	33,82	14,04	26	22	FrArA
	Bw	56-84	0,00	1,30	5,56	16,24	24,90	20	36	FrAr
	C	84-168	0,00	0,46	3,14	15,68	10,72	24	46	Ar

**Fuente:** Elaboración propia.

Cuadro 28: Distribución del Tamaño de Partícula. Suelo Uvilla.

Suelo	Horz.	Prof. (Cm)	Arena					Limo (0.05 - 0.002)	Arcilla (< 0.002)	Clase Textural
			Muy Gruesa (2.0 - 1.0)	Gruesa (1.0 - 0.5)	Media (0.5 - 0.25)	Fina (0.25 - 0.1)	Muy Fina (0.1 - 0.05)			
UVILLA	A	10-32	0,08	0,30	5,58	15,58	18,46	36	24	Fr
	Bw	32-82	0,10	0,52	2,74	17,10	21,54	34	24	Fr
	C	82-139	0,00	0,00	7,48	10,94	17,58	30	34	FrAr

**Fuente:** Elaboración propia.

En ambos suelos, la distribución del tamaño de partículas no influencia de manera significativa la evolución del horizonte cámbico, es posible que otro factor como el contenido de materia orgánica y la penetración de las raíces a estas profundidades estén ayudando en la creación de la estructura en bloques. Asimismo, se observa que no existe un proceso claro de acumulación de las arcillas y que estos suelos son influenciados por su material parental original.

**E.** El suelo Mohena, cuadro 29, es el último de los Fluventic Dystrudepts identificado en la zona. Este presenta una clase textural predominante franco arcillo arenosa sobre arcilla, donde esta última presenta un espesor de 82 centímetros en el pedón. Su calificación dentro de la clase de tamaño de partícula es **fin**a (Soil Survey Staff, 2014).

En este suelo se observa que existe un decrecimiento del contenido de arenas, además no existe un proceso claro de eluviación e iluviación de arcillas debido a que el horizonte 1C contiene un buen porcentaje de arcillas con respecto al horizonte 2C y tener valores erráticos de arcilla en el perfil, además de no cumplir con los parámetros de acumulación de arcilla para un horizonte argílico y no presentar clays skins (Soil Survey Staff, 2014).

Cuadro 29: Distribución del Tamaño de Partículas. Suelo Mohena.

Suelo	Horz.	Prof. (Cm)	Arena					Limo (0.05 - 0.002)	Arcilla (< 0.002)	Clase Textural
			Muy Gruesa (2.0 - 1.0)	Gruesa (1.0 - 0.5)	Media (0.5 - 0.25)	Fina (0.25 - 0.1)	Muy Fina (0.1 - 0.05)			
MOHENA	A	0-6	0,00	1,34	4,28	29,5	8,88	36	20	Fr
	AB	43983	0,00	0,68	6,64	42,40	16,28	24	10	FrA
	Bw	20-48	0,00	0,16	4,90	36,82	10,12	26	22	FrArA
	BC	48-80	0,00	0,00	1,94	13,84	10,22	26	48	Ar
	1C	80-130	0,00	0,00	0,96	14,76	4,28	24	56	Ar
	2C	130-180	0,00	1,56	4,92	20,62	12,90	28	32	FrAr

**Fuente:** Elaboración propia.

**F.** Los suelos Libertad, Tornillo y Sargento, se encuentran en el mismo Subgrupo Typic Dystrudepts, cuadro 18. Los suelos Libertad y Tornillo presentan la misma clase de tamaño de partícula franca fina, pero diferente clase textural en la sección control, en el suelo Libertad es franco arcillo arenosa y en el suelo Tornillo es franco arenosa sobre franco arcillo arenosa. Además se observa, cuadro 30 y 31, que el desarrollo del horizonte cámbico en los dos suelos no está relacionado completamente a su distribución de partículas, no existe un proceso claro de acumulación de arcilla en el horizonte Bw.

Cuadro 30: Distribución del Tamaño de Partícula Suelo Libertad.

Suelo	Horz.	Prof. (Cm)	Arena					Limo (0.05 - 0.002)	Arcilla (< 0.002)	Clase Textural
			Muy Gruesa (2.0 - 1.0)	Gruesa (1.0 - 0.5)	Media (0.5 - 0.25)	Fina (0.25 - 0.1)	Muy Fina (0.1 - 0.05)			
LIBERTAD	A	0-40	0,30	5,48	9,90	24,86	25,46	26	8	FrA
	AB	40-69	0,04	0,14	5,50	29,08	19,24	22	24	FrArA
	Bw	69-97	0,14	0,46	9,56	20,50	23,34	18	28	FrArA
	C	97-150	0,10	0,16	2,68	25,08	21,98	22	28	FrArA

**Fuente:** Elaboración propia.

Cuadro 31: Distribución del Tamaño de Partícula. Suelo Tornillo.

Suelo	Horz.	Prof. (Cm)	Arena					Limo (0.05 - 0.002)	Arcilla (< 0.002)	Clase Textural
			Muy Gruesa (2.0 - 1.0)	Gruesa (1.0 - 0.5)	Media (0.5 - 0.25)	Fina (0.25 - 0.1)	Muy Fina (0.1 - 0.05)			
TORNILLO	A	0-34	0,18	4,90	17,32	30,68	20,92	24	2	AFr
	AB	34-45	0,08	0,48	4,78	34,22	20,44	24	16	FrA
	Bw	45-65	0,00	0,10	1,30	32,30	16,30	20	30	FrArA
	C	65-180	0,00	1,26	1,86	26,60	10,28	28	32	FrAr

**Fuente:** Elaboración propia.

El suelo Sargento, por otro lado, cuadro 32, presenta una clase textural, en la sección control, franco arenoso con un alto porcentaje de arena media, fina y muy fina, como clase de tamaño de partícula corresponde a **franca gruesa**. Su proceso de desarrollo es similar al de los suelos Tornillo y Libertad.

Cuadro 32: Distribución del Tamaño de Partícula Suelo Sargento.

Suelo	Horz.	Prof. (Cm)	Arena					Limo (0.05 - 0.002)	Arcilla (< 0.002)	Clase Textural
			Muy Gruesa (2.0 - 1.0)	Gruesa (1.0 - 0.5)	Media (0.5 - 0.25)	Fina (0.25 - 0.1)	Muy Fina (0.1 - 0.05)			
SARGENTO	A	0-09	1,50	5,50	20,90	29,16	24,94	14	4	AFr
	AB	09-30	0,50	6,94	17,26	36,36	20,94	14	4	AFr
	Bw	30-72	0,32	11,96	18,92	30,54	12,26	18	8	FrA
	C1	72-98	0,94	13,02	17,64	27,48	8,92	14	18	FrA
	C2	95-140	0,10	5,42	9,56	21,22	27,70	20	16	FrA

**Fuente:** Elaboración propia.

Los suelos que se han descrito y analizado corresponden a los órdenes Entisols (sin desarrollo) e Inceptisols (desarrollo ligero a moderado). En la zona también se han identificado suelos desarrollados, los Ultisols.

**G.** El suelo Cedro, cuadro 33, está clasificado a nivel de subgrupo como Inceptic Hapludults, presenta una clase textural en su sección control de franco arcilloso sobre arcilla, su calificación como clase de tamaño de partículas es **fina** (Soil Survey Staff, 2014).

Cuadro 33: Distribución del Tamaño de Partícula Suelo Cedro.

Suelo	Horz.	Prof. (Cm)	Arena					Limo (0.05 - 0.002)	Arcilla (< 0.002)	Clase Textural
			Muy Gruesa (2.0 - 1.0)	Gruesa (1.0 - 0.5)	Media (0.5 - 0.25)	Fina (0.25 - 0.1)	Muy Fina (0.1 - 0.05)			
CEDRO	A	0-42	0,38	5,48	10,82	28,94	18,38	28	8	FrA
	BA	42-95	0,00	0,47	5,23	13,92	21,38	27	32	FrAr
	Bt	95-116	0,00	0,00	0,84	4,88	16,28	30	48	Ar
	C1	116-139	0,00	0,00	2,64	9,56	25,80	28	34	FrAr
	C2	139-167	0,00	1,02	4,90	17,56	16,52	26	34	FrAr

**Fuente:** Elaboración propia.

Se observa el desarrollo del horizonte argílico y la presencia de clays skins en la superficie de los pedrs, producto de un proceso de iluviación de arcillas, en el horizonte Bt, esto es el reflejo que la distribución del tamaño de partícula que se produce en este pedón es uno de los importantes factores que favorece a su desarrollo. No obstante, el escaso espesor (menor a 25 centímetros) del horizonte argílico indica que es un suelo intermedio entre un Inceptisols y un Ultisols, o un Inceptisols en proceso de desarrollo.

**H.** Ultisols más desarrollados como los suelos Caoba y Pijuayo, cuadro 34 y 35, pertenecen al subgrupo Typic Hapludults. Estos suelos presentan clases texturales distintas en su sección control, franco arenosa sobre franco arcillo arenosa para el suelo Caoba y franco sobre franco arcillo arenosa para el suelo Pijuayo, sin embargo, su calificación como clase de tamaño de partícula es la misma, **franca fina** (Soil Survey Staff, 2014).

Cuadro 34: Distribución del Tamaño de Partícula Suelo Caoba.

Suelo	Horz.	Prof. (Cm)	Arena					Limo (0.05 - 0.002)	Arcilla (< 0.002)	Clase Textural
			Muy Gruesa (2.0 - 1.0)	Gruesa (1.0 - 0.5)	Media (0.5 - 0.25)	Fina (0.25 - 0.1)	Muy Fina (0.1 - 0.05)			
CAOBA	A	0-19	0,08	0,64	11,82	36,62	18,84	26	6	FrA
	AB	19-41	0,00	1,94	9,08	32,56	14,42	30	12	FrA
	Bt	41-118	0,00	0,24	4,92	23,42	17,42	20	34	FrArA
	C	118-150	0,00	4,68	12,96	28,74	15,62	12	26	FrArA

**Fuente:** Elaboración propia.

Ambos suelos, presentan similar proceso de desarrollo aunque de mayor intensidad que los presentados en el suelo Cedro, con la formación de un horizonte argílico producto de la acumulación de arcillas en el horizonte Bt.

Cuadro 35: Distribución del Tamaño de Partícula Suelo Pijuayo.

Suelo	Horz.	Prof. (Cm)	Arena					Limo (0.05 - 0.002)	Arcilla (< 0.002)	Clase Textural
			Muy Gruesa (2.0 - 1.0)	Gruesa (1.0 - 0.5)	Media (0.5 - 0.25)	Fina (0.25 - 0.1)	Muy Fina (0.1 - 0.05)			
PIJUAYO	A	0-22	0,08	1,04	11,56	28,52	14,80	30	14	FrA
	AB	22-46	0,02	0,52	5,60	22,58	21,28	30	20	Fr
	Bt	46-72	0,00	0,00	5,48	19,50	25,02	28	32	Fr
	C	72-120	0,04	0,68	12,28	14,24	18,76	24	22	FrArA

**Fuente:** Elaboración propia.

En el cuadro 36 se presenta la característica Clase de Tamaño de Partículas de los suelos identificados (Soil Taxonomy, 2014).

Cuadro 36: Identificación de Familia de Suelos. Clases de Tamaños de Partículas.

Nombre del Suelo	Clase de Tamaño de Partículas (CTP)	Sub Grupo
Nejilla	Franca gruesa	Typic Udifluvents
Huasai	Fina	Dystric Fluventic Eutrudepts
Shimbillo	Franca fina	Dystric Fluventic Eutrudepts
Capirona	Franca gruesa	Dystric Eutrudepts
Palmera	Fina	Dystric Eutrudepts
Horizonte	Franca gruesa	Fluventic Dystrudepts
Colina	Franca fina	Fluventic Dystrudepts
Shebon	Franca fina	Fluventic Dystrudepts
Santa Rosa	Franca fina	Fluventic Dystrudepts
Uvilla	Franca fina	Fluventic Dystrudepts
Mohena	Fina	Fluventic Dystrudepts
Libertad	Franca fina	Typic Dystrudepts
Tornillo	Franca fina	Typic Dystrudepts
Sargento	Franca gruesa	Typic Dystrudepts

Nombre del Suelo	Clase de Tamaño de Partículas (CTP)	Sub Grupo
Cedro	Fina	Inceptic Hapludults
Caoba	Franca fina	Typic Hapludults
Pijuayo	Franca fina	Typic Hapludults

**Fuente:** Elaboración propia.

Analizando el cuadro 36, se puede observar que los suelos Huasai y Shimbillo, a pesar de ser ambos Dystric Fluventic Eutrudepts, se diferencian por su clase de tamaño de partículas, es  **fina**  en el caso del suelo Huasai, y  **franca fina**  en el caso del suelo Shimbillo. Lo mismo ocurre para los Dystric Eutrudepts, suelos Capirona y Palmera; la clase de tamaño de partícula es  **franca gruesa**  en el primero, y  **fina**  en el segundo. Seis suelos fueron clasificados como Fluventic Dystrudepts, de ellos el suelo Horizonte y el suelo Mohena se diferencian de los otros cuatro que tienen como clase de tamaño de partículas,  **franca fina** . En el suelo Horizonte es  **franca gruesa**  y en el suelo Mohena es  **fina** .

Los Typic Dystrudepts agrupa a tres suelos, Libertad, Tornillo y Sargento, este último al presentar como clase de tamaño de partículas,  **franca gruesa**  lo diferencia de los otros dos cuya característica a este nivel es  **franca fina** .

De los diecisiete suelos identificados, en ocho de ellos la clase de tamaño de partículas no ha logrado separarlos, no obstante, existen otras características a nivel de familia como la mineralogía y la actividad de intercambio catiónico que pueden ser utilizadas para este propósito.

#### 4.5.3 CLASE DE MINERALOGÍA

El estudio de la composición mineralógica del suelo, es de gran utilidad para establecer su comportamiento físico-químico y determinar de acuerdo con él su manejo adecuado. Otro aspecto importante relacionado con la mineralogía del suelo, es que ella refleja el grado de evolución que este ha sufrido, y por tanto ayuda a establecer su génesis y su clasificación. (Dana, 1960). La difracción por Rayos X ayuda a analizar este aspecto.

#### 4.5.3.1 ANÁLISIS POR DIFRACCIÓN DE RAYOS X

De los diecisiete suelos identificados, se seleccionó los horizontes representativos de cada perfil, se tomaron muestras y se analizaron. Los resultados se presentan a dos niveles: análisis cualitativo (tipo de minerales) y semi-cuantitativo (% del mineral), cuadro 37 y anexo V.

Los minerales identificados fueron:

1. **Arcilla:** Se encuentran en todos los suelos identificados en la zona de estudio
  - Montmorillonita ( $\text{MgO-Al}_2\text{O}_3\cdot 3\text{SiO}_2\cdot x\text{H}_2\text{O}$ ), filosilicato, arcilla expandible (2:1).
  - Caolinita ( $\text{Al}_2(\text{Si}_2\text{O}_5)(\text{OH})_4$ ), filosilicato, arcilla no expandible (1:1).
  - Illíta ( $\text{KAl}_2(\text{Si}_3\text{AlO}_{10})(\text{OH})_{10}$ ), filosilicato, mica, arcilla no expandible (2:1).
2. **Otros Minerales:** el cuarzo es la fase mineral que se encuentra en todos los suelos, y en menor porcentaje se encuentra el Rutilo y la Albita.
  - Cuarzo ( $\text{SiO}_2$ ), Oxido de Sílice.
  - Rutilo ( $\text{TiO}_2$ ), Óxido de Titanio.
  - Albita ( $\text{Na}(\text{AlSi}_3\text{O}_8)$ ), Feldespato.

La mayoría de los suelos identificados presentan un alto contenido de cuarzo ( $\text{SiO}_2$ ), por el tipo de material geológico presente. Capas de areniscas fomentan la presencia de este mineral cuarzoso en abundancia, ya que es producto de la meteorización acelerada de este tipo de roca en presencia de las condiciones de trópico.

Cuadro 37: Clases de Minerales Arcillosos y no Arcillosos de los Suelos Identificados.

Serie	Horizonte	Minerales arcillosos (%)			Otros Minerales (%)		
		Caolinita ( $\text{Al}_2(\text{Si}_2\text{O}_5)(\text{OH})_4$ )	Illíta ( $\text{KAl}_2(\text{Si}_3\text{AlO}_{10})(\text{OH})_{10}$ )	Montmorillonita ( $\text{MgO-Al}_2\text{O}_3\cdot 3\text{SiO}_2\cdot x\text{H}_2\text{O}$ )	Cuarzo ( $\text{SiO}_2$ )	Rutilo ( $\text{TiO}_2$ )	Albita ( $\text{Na}(\text{AlSi}_3\text{O}_8)$ )
UVILLA	A	24,54	16,51	9,40	49,55	0,00	0,00
	Bw	26,33	17,85	9,07	46,75	0,00	0,00
	C	36,47	13,08	5,20	45,25	0,00	0,00
TORNILLO	A	15,76	14,58	7,31	62,35	0,00	0,00
	B	23,61	23,19	9,64	43,56	0,00	0,00
	C	22,63	27,34	10,12	39,91	0,00	0,00
CEDRO	A	19,47	14,41	6,80	59,33	0,00	0,00
	BA	31,85	18,35	9,64	40,16	0,00	0,00
	Bt	30,05	29,96	6,99	33,71	0,00	0,00
PIJUAYO	A	23,56	9,92	7,32	59,20	0,00	0,00
	Bt	21,25	6,04	9,58	61,01	2,12	0,00
	C	35,75	12,64	2,63	48,98	0,00	0,00

Serie	Horizonte	Minerales arcillosos (%)			Otros Minerales (%)		
		Caolinita (Al <sub>2</sub> (Si <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )(OH) <sub>4</sub> )	Illita (KAl <sub>2</sub> (Si <sub>3</sub> AlO <sub>10</sub> )(OH) <sub>10</sub> )	Montmorillonita (MgO-Al <sub>2</sub> O <sub>3,6</sub> SiO <sub>2</sub> -xH <sub>2</sub> O)	Cuarzo (SiO <sub>2</sub> )	Rutilo (TiO <sub>2</sub> )	Albita (Na(AlSi <sub>3</sub> O <sub>8</sub> ))
HUASAI	A	14,01	13,89	12,32	59,78	0,00	0,00
	Bw1	14,04	16,71	11,66	56,26	1,33	0,00
	Bw2	20,22	27,46	12,33	40,00	0,00	0,00
LIBERTAD	A	9,04	12,22	6,74	71,99	0,00	0,00
	AB	12,84	20,25	10,26	56,64	0,00	0,00
	Bw	20,03	23,81	8,04	48,11	0,00	0,00
SARGENTO	A	10,39	15,44	14,30	58,19	1,69	0,00
	Bw	15,53	27,21	18,55	37,01	1,70	0,00
	C	11,05	25,01	12,14	50,67	1,13	0,00
SANTA ROSA	A	10,34	22,99	16,17	49,38	1,12	0,00
	AB	10,43	16,38	17,86	54,38	0,95	0,00
	Bw	14,13	18,41	19,36	46,56	1,54	0,00
PALMERA	A	6,95	25,11	25,81	35,12	0,94	6,07
	Bw	6,33	25,51	2,06	27,30	22,70	16,09
	C	4,85	20,77	24,28	29,29	1,35	19,47
COLINA	A	8,04	16,37	14,14	61,46	0,00	0,00
	BA	14,79	13,34	11,33	60,55	0,00	0,00
	Bw	18,47	14,93	1,88	64,00	0,71	0,00
SHIMBILLO	A	7,27	18,97	13,71	52,83	1,83	5,39
	Bw	10,25	23,33	7,70	53,05	1,41	4,25
	C	11,49	19,12	12,79	40,97	2,22	13,41
NEJILLA	A	10,77	28,54	20,45	37,28	2,96	0,00
	1C	9,07	18,81	16,16	47,31	0,60	8,05
	2C	2,13	11,53	7,51	67,02	1,13	10,68
MOHENA	A	16,23	21,36	13,91	48,50	0,00	0,00
	Bw	23,82	22,56	8,89	44,74	0,00	0,00
	C	26,11	29,69	9,95	34,25	0,00	0,00
HORIZONTE	A	13,09	13,42	11,38	62,11	0,00	0,00
	Bw	22,06	11,31	7,88	58,75	0,00	0,00
	C	26,90	13,56	10,54	49,00	0,00	0,00
CAOBA	A	10,71	3,93	9,21	76,15	0,00	0,00
	AB	16,44	7,99	5,22	70,35	0,00	0,00
	Bt	35,40	20,35	4,38	39,86	0,00	0,00
SHEBON	A	10,44	20,58	7,71	61,28	0,00	0,00
	Bw	11,74	21,72	10,69	55,84	0,00	0,00
	C	14,33	25,73	21,00	38,95	0,00	0,00
CAPIRONA	A	7,70	16,92	11,45	56,63	0,95	6,46
	Bw	4,50	16,50	6,48	63,24	1,01	8,27
	C	3,06	12,26	1,59	74,27	0,83	7,98

**Fuente:** Elaboración Propia.

Mejía (1980), explica el proceso de formación de algunos minerales arcillosos como la caolinita, la montmorillonita e illita, figura 30. En los 17 tipos de suelos identificados, se observa la presencia de altos porcentajes de estos minerales arcillosos, formados insitu a partir de diferentes tipos de minerales primarios o transportados por los ríos y sus afluentes.

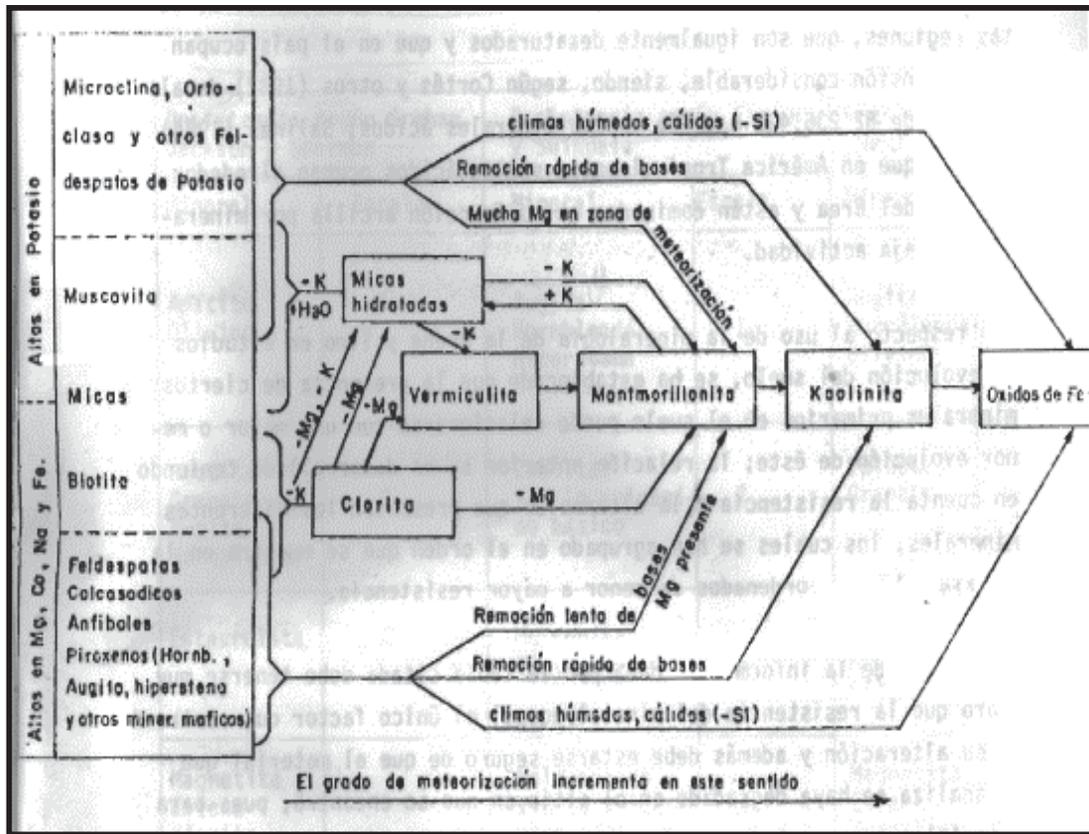


Figura 30: Esquema de formación de algunos minerales de arcilla propuesto por Buckman y Brady (Tomado de Mejía, 1980).  
**Fuente:** Mejía, 1980.

Bensoain (1970), menciona que se puede desarrollar montmorillonita a partir de un mineral primario como la albita, pero en la naturaleza esto ha sido observado muy escasas veces, esta se produce mediante hidrolisis en climas cálidos y húmedos, pero para ello necesita la presencia del ion  $Mg^{2+}$  que sustituya parcialmente el Al en la red estructural; si se observa las figuras 31 al 41, los primeros horizontes presentan una considerable cantidad de montmorillonita, lo cual, cabe la posibilidad que la fuente de  $Mg^{+}$  sea producto de los depósitos aluviales antiguos que habrían contenido Calcio y Magnesio en sus estructuras, y la alta tasa de mineralización de la materia orgánica depositada por los restos de las plantas y animales desde tiempos antiguos, mientras la presencia montmorillonita en las capas inferiores son el producto de la lluvia como consecuencia de las elevadas precipitaciones.

**A.** El suelo Nejilla, es un Typic Udifluvents, con una clase de tamaño de partícula franco gruesa. En la figura 31, se observa su composición mineralógica a la albita y el

cuarzo que se incrementan con la profundidad, a diferencia de la montmorillonita la caolinita y el rutilo que disminuyen. Este suelo es joven, pero presenta en su composición mineralógica minerales arcillosos y no arcillosos que solo se presentan en suelos evolucionados, se abre la posibilidad que estos tipos de minerales arcillosos y no arcillosos fueron depositados a través del tiempo por las diferentes crecientes del río que se produce en un ciclo anual.

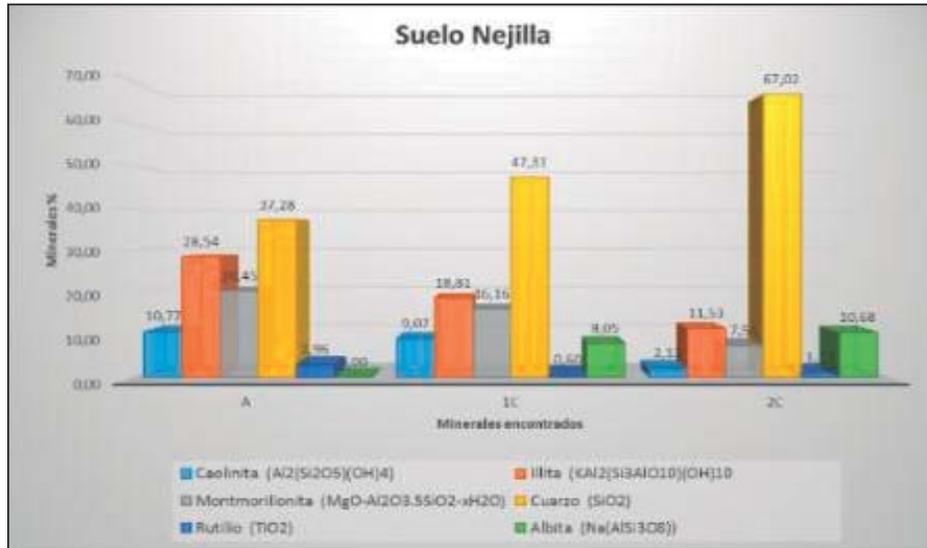


Figura 31: Porcentaje de minerales arcillosos y otros minerales. Suelo Nejilla.  
**Fuente:** Elaboración propia.

**B.** Los suelos Huasai y Shimbillo, pertenecen a los Dystric Fluventic Eutrudepts, la composición mineralógica se ha desarrollado para el caso del suelo Huasai sobre la formación geológica Ipururo y con una clase de tamaño de partícula fina, Figura 32, asimismo, presenta un ligero incremento de la caolinita con la profundidad, la presencia de rutilo y la carencia de albita, demuestra que este suelo está en desarrollo, asimismo la albita ha sido transformada por completo en arcilla del tipo 2:1 (Montmorillonita) (Foth, 1990).

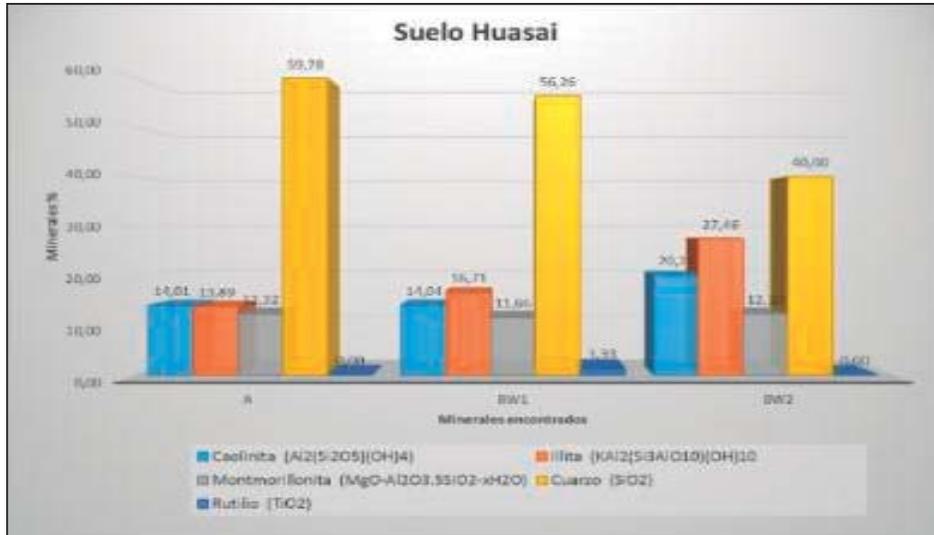


Figura 32: Porcentaje de minerales arcillosos y otros minerales. Suelo Huasai.  
**Fuente:** Elaboración propia.

El suelo Shimbillo, se ha desarrollado sobre aluvial subreciente y con una clase de tamaño de partícula franca fina, figura 33, presenta albita dentro de su composición mineralógica que se incrementa con la profundidad, al igual que la caolinita, y también se puede observar presencia de rutilo, esto se debe a que en épocas anteriores en la zona se produjo procesos de acumulación de materiales transportados por el río proveniente de las zonas más altas de la cuenca; se observa que la albita esta transformada en arcillas tipo 2:1 y posteriormente en caolinita.

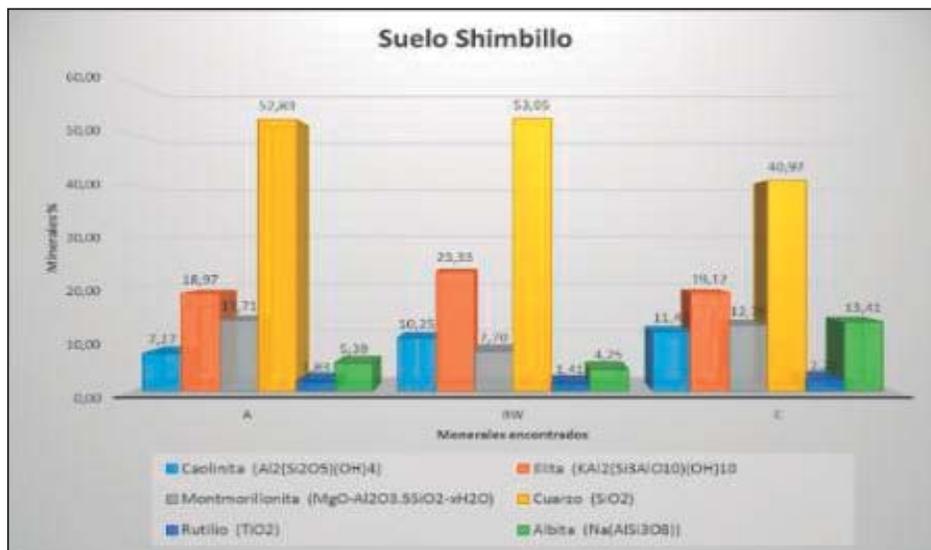


Figura 33: Porcentaje de minerales arcillosos y otros minerales. Suelo Shimbillo.  
**Fuente:** Elaboración propia.

**C.** Los suelos Capirona y Palmera estas se han desarrollado sobre la formación geológica Chambira, pertenecen al mismo subgrupo Dystric Eutrudepts.

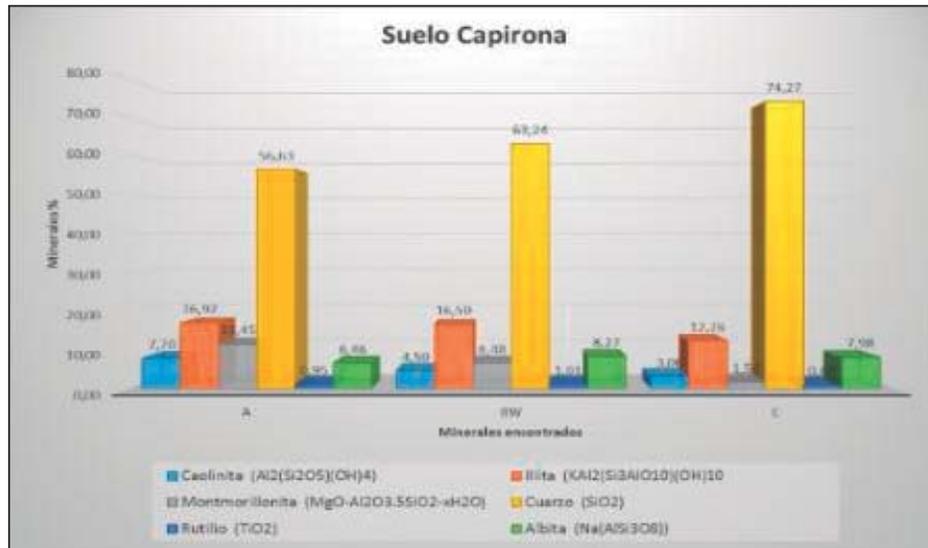


Figura 34: Porcentaje de minerales arcillosos y otros minerales. Suelo Capirona.  
**Fuente: Elaboración propia.**

En el suelo Capirona, figura 34, con una clase de tamaño de partícula franca gruesa, su composición mineralógica está dado por la existencia de albita con un contenido casi uniforme en el perfil, la montmorillonita y caolinita disminuyen con respecto a la profundidad. Existe presencia de rutilo y el cuarzo se incrementa con la profundidad. La presencia de buenos porcentajes de montmorillonita y caolinita indicarían que estos suelos están en desarrollo, sumado a la presencia de rutilo en sus primeros horizontes.

El suelo Palmera, figura 35, presenta una distribución de tamaño de partícula fina y a diferencia del suelo Capirona, el contenido de albita incrementa con la profundidad y existe un irregular contenido de montmorillonita, alto en la superficie y en horizontes inferiores y bajo en el horizonte intermedio Bw, mientras la caolinita es uniforme en todo el pedón. Alto contenido de rutilo en el Bw, al parecer en los dos suelos la albita y la montmorillonita son procedentes del material parental, pero el decrecimiento de la albita en los primeros horizontes y la constancia de la montmorillonita ya es un reflejo de la transformación que se produce en el suelo.

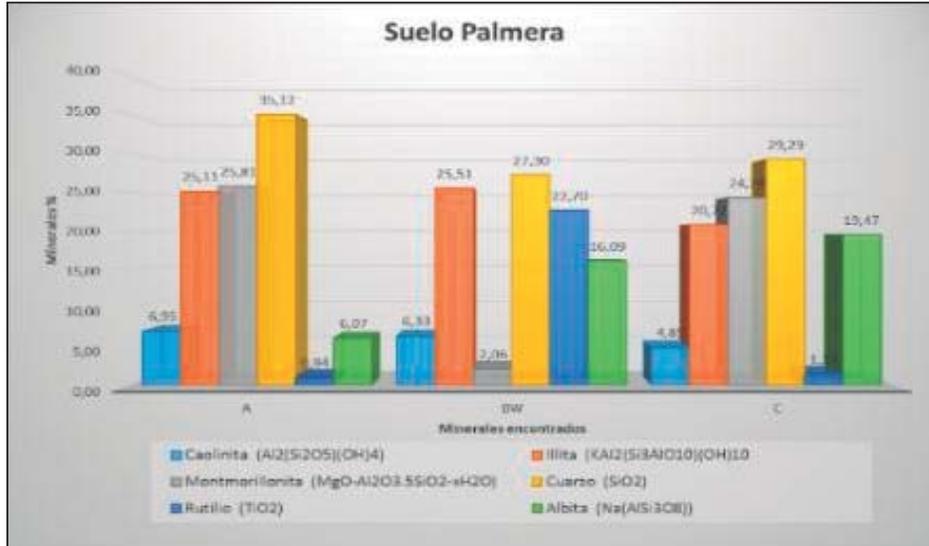


Figura 35: Porcentaje de minerales arcillosos y otros minerales. Suelo Palmera.  
**Fuente: Elaboración propia.**

**D.** En el subgrupo Fluventic Dystrudepts se encuentran agrupados los suelos Horizonte, Colina, Shebon, Santa Rosa, Uvilla y Mohena. El suelo Horizonte, figura 36, se ha desarrollado sobre la formación geológica Ucayali y presenta una clase de tamaño de partícula franca gruesa, en su composición mineralógica no presenta albita, el rutilio está ausente, la montmorillonita presenta valores estables y la caolinita se incrementa con respecto a la profundidad.

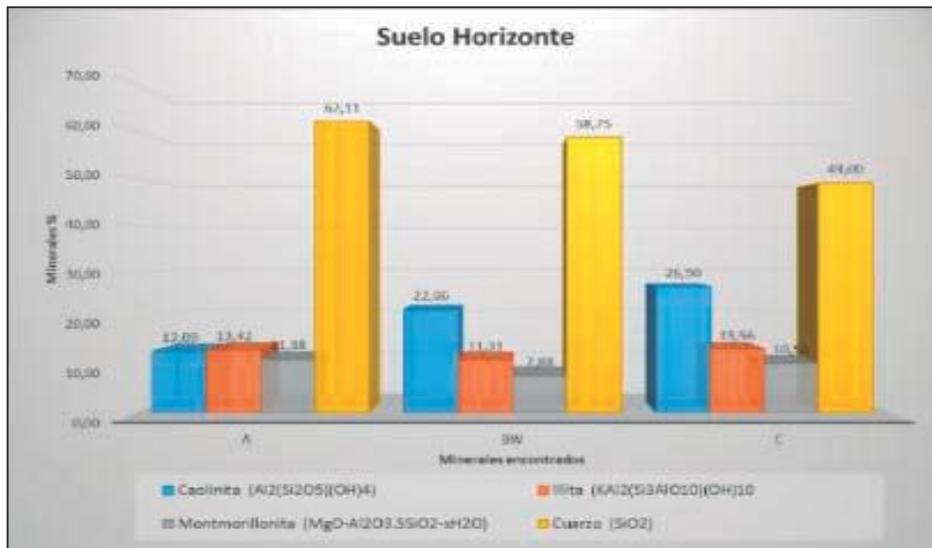


Figura 36: Porcentaje de minerales arcillosos y otros minerales. Suelo Horizonte.  
**Fuente: Elaboración propia.**

Es un suelo de desarrollo moderado debido a la buena presencia de la caolinita en todo el perfil y al bajo contenido de montmorillonita lo que indica que la arcilla tipo 2:1 se está transformando en arcilla tipo 1:1, y es muy posible se esté acumulando en los horizontes inferiores.

En el mismo subgrupo, los suelos Colina, Shebon, Santa Rosa y Uvilla, figura 37, 38, 39 y 40, respectivamente, presentan una similitud con respecto a su clase de tamaño de partícula franca fina pero no en sus unidades geológica ya que el suelo Colina se ha desarrollado sobre la formación Chambira y los otros tres en aluvial subreciente.

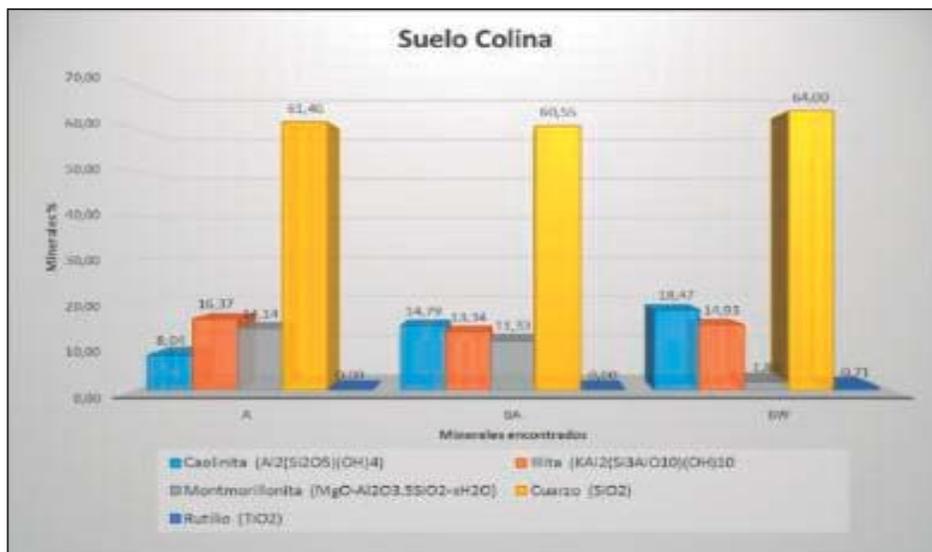


Figura 37: Porcentaje de minerales arcillosos y otros minerales. Suelo Colina.  
**Fuente: Elaboración propia.**

Estos suelos no presentan albita, lo cual indica un grado moderado de desarrollo, también se observa que la caolinita se incrementa con la profundidad. Los suelos Colina, figura 37 y Santa Rosa, figura 39, presentan rutilo, y los suelos Shebon, figura 38 y Uvilla, figura 40, no lo presentan. La presencia de rutilo hace que estos suelos sean más evolucionados de los que no lo presentan.

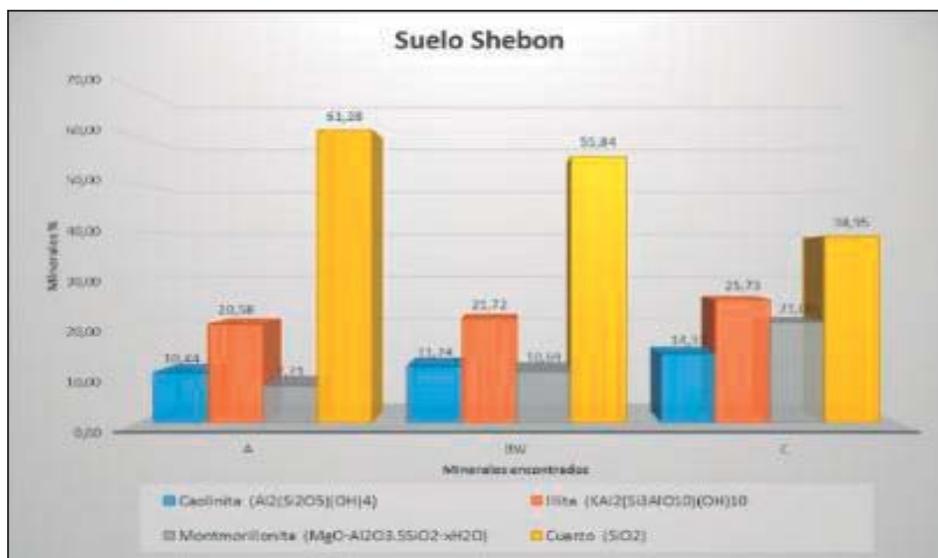


Figura 38: Porcentaje de minerales arcillosos y otros minerales. Suelo Shebon.  
**Fuente: Elaboración propia.**



Figura 39: Porcentaje de minerales arcillosos y otros minerales. Suelo Santa Rosa.  
**Fuente: Elaboración propia.**

También se puede observar en los suelos Colina, figura 37 y Uvilla, figura 40 que la montmorillonita disminuye sus valores con la profundidad, mientras que el suelo Shebon, figura 38, se incrementa y en el suelo Santa Rosa, figura 39, el contenido es uniforme.

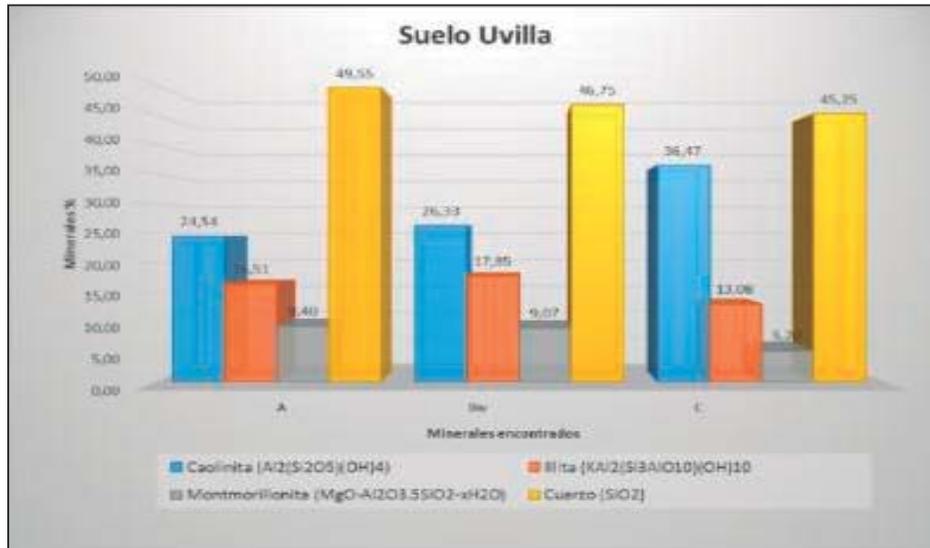


Figura 40: Porcentaje de minerales arcillosos y otros minerales. Suelo Uvilla.

**Fuente: Elaboración propia.**

El suelo Mohena, Figura 41, se encuentra en el mismo subgrupo de los cinco anteriores suelos, su diferencia se inicia con su clase de tamaño de partícula que es fina y se ha desarrollado sobre la unidad geológica de la formación Ucayali, no presenta albita, la cual indica un desarrollo moderado, no presenta rutilo. La montmorillonita disminuye ligeramente y se presentan un incremento de la caolinita, todo con respecto a la profundidad del pedón, lo cual indica un desarrollo moderado.

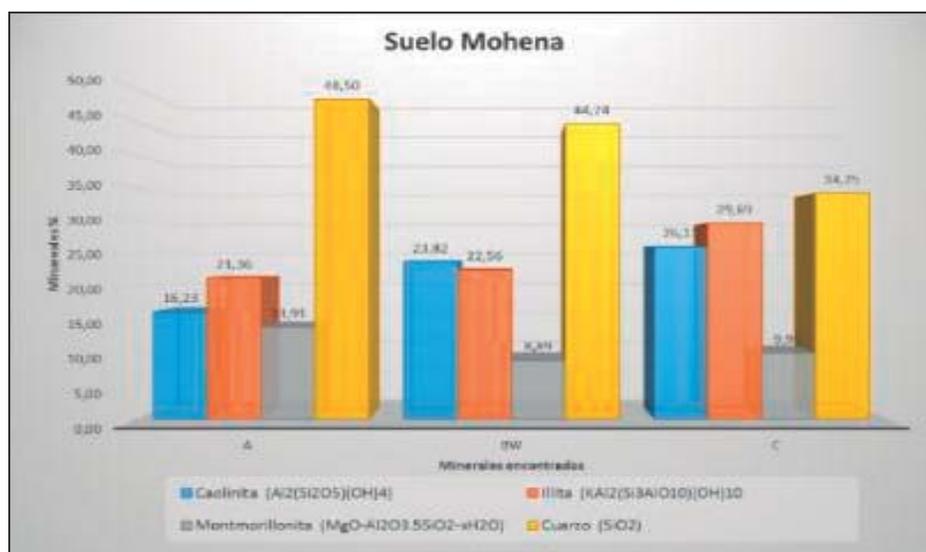


Figura 41: Porcentaje de minerales arcillosos y otros minerales. Suelo Mohena.

**Fuente: Elaboración propia**

**E.** Los suelos Libertad, Tornillo y Sargento, se encuentran reunidos en el Subgrupo Typic Dystrudepts. Los suelos Libertad y Tornillo, figura 42 y 43, presentan similares características como la clase de tamaño de partícula franca fina y se han desarrollado sobre la misma unidad geológica formación Ipururo; no presentan albita ni rutilo en su composición mineralógica, lo que también demuestra que estos suelos presentan un grado de desarrollo moderado, los valores de montmorillonita son casi uniformes, la caolinita se incrementa y el cuarzo disminuye con respecto a la profundidad.

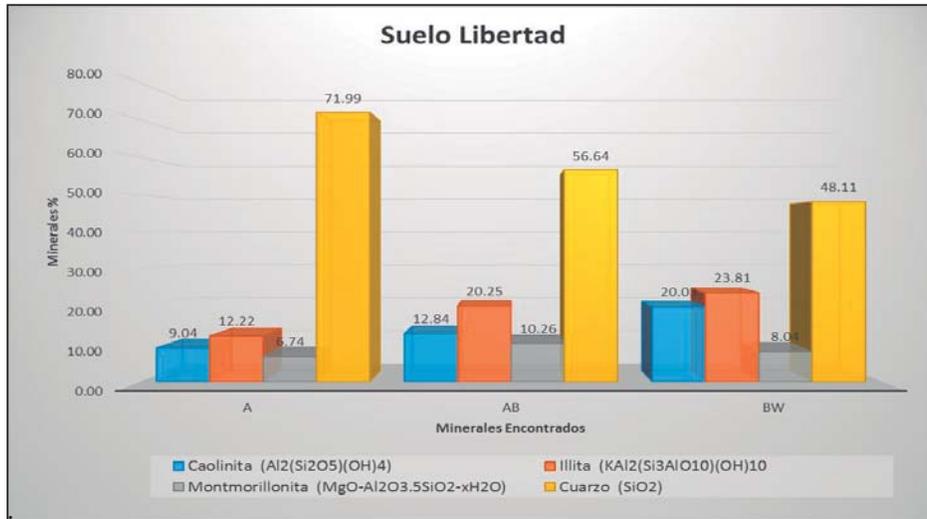


Figura 42: Porcentaje de minerales arcillosos y otros minerales Suelo Libertad.

**Fuente: Elaboración propia.**

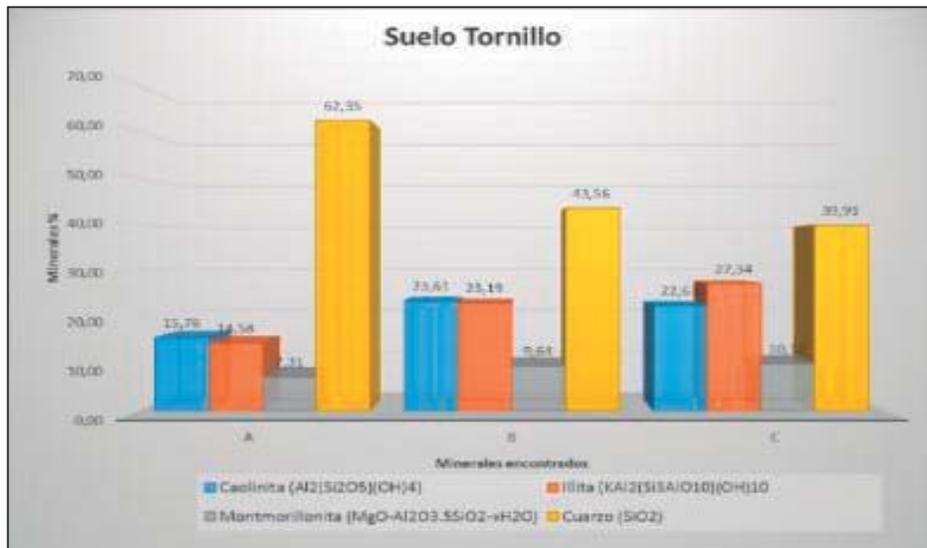


Figura 43: Porcentaje de minerales arcillosos y otros minerales Suelo Tornillo.

**Fuente: Elaboración propia.**

El suelo Sargento se ha desarrollado sobre la unidad geológica aluvial subreciente, figura 44, presenta algunas similitudes con los suelos Libertad y Tornillo como la no presencia de albita dentro de su composición mineralógica, y también diferencias en la clase de tamaño de partícula es franca gruesa, existe rutilo en su mineralogía, otorgándole a este suelo un grado más de desarrollo con respecto a los otros suelos de su mismo subgrupo. Los valores de montmorillonita y caolinita son irregulares con respecto a su profundidad.

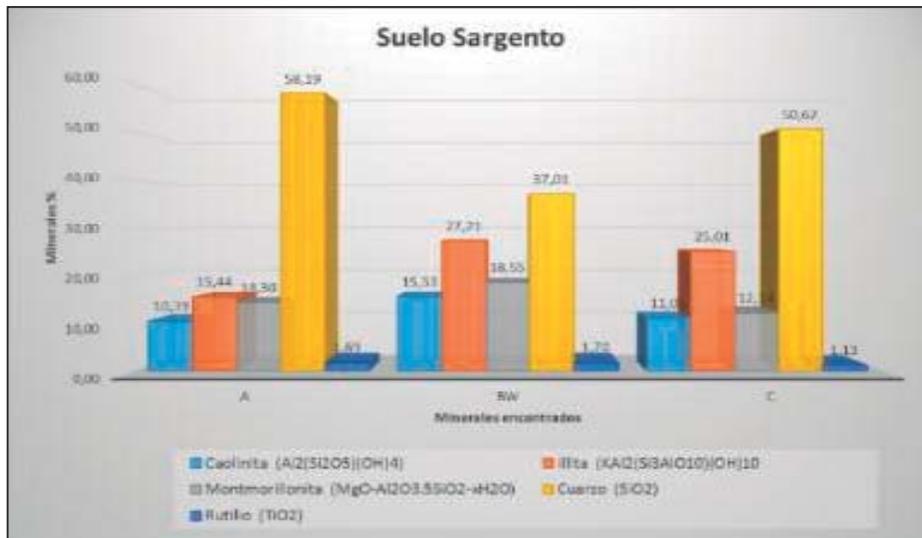


Figura 44: Porcentaje de minerales arcillosos y otros minerales Suelo Sargento.  
**Fuente: Elaboración propia.**

**F.** Dentro del Subgrupo Inceptic Hapludults se encuentra el suelo Cedro y este se desarrolló a partir de materiales de la formación Ipururo, figura 45.

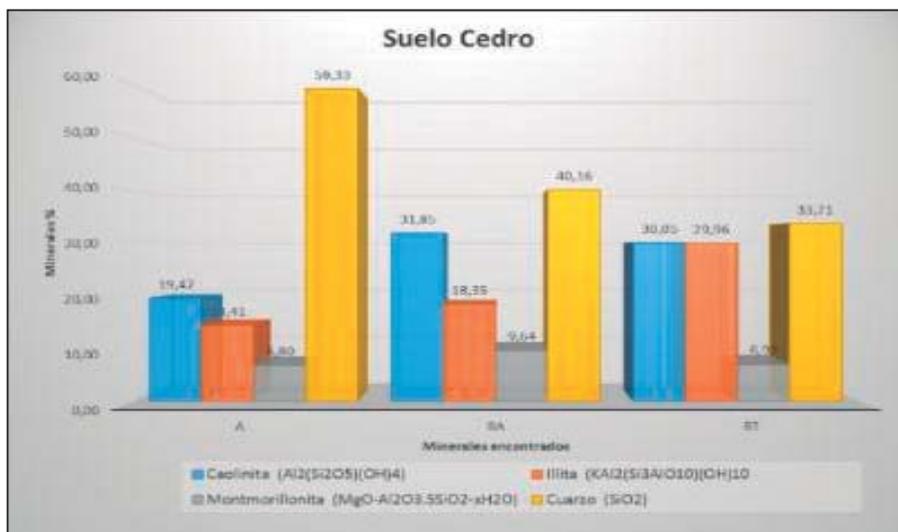


Figura 45: Porcentaje de minerales arcillosos y otros minerales. Suelo Cedro.  
**Fuente: Elaboración propia.**

Presenta una clase de tamaño de partícula fina, y en su composición mineralógica no presenta albita ni rutilo, la montmorillonita presenta un incremento en su contenido en el horizonte BA y luego desciende en el horizonte Bt, mientras que la caolinita se incrementa en el horizonte BA para mantenerse casi similar en el horizonte Bt. El cuarzo disminuye con respecto a la profundidad en el pedón. Al no presentar la albita y el rutilo y tener un comportamiento decreciente de la montmorillonita y altos contenidos de caolinita se puede asumir que este es un suelo que está entrando a una etapa de envejecimiento, transición de un Inceptisols a un Ultisols.

**G.** Dentro del Subgrupo Typic Hapludults se encuentran los suelos Caoba y Pijuayo, presentan algunas similitudes como la clase de tamaño de partícula que es franca fina, no presentan albita, la caolinita se incrementa y el cuarzo decrece con la profundidad. Las diferencias existentes en estos dos suelos son: en el suelo Caoba, figura 46, se ha desarrollado a partir de materiales de la unidad geológica formación Ipururo, además la montmorillonita y la caolinita se incrementan con la profundidad acumulándose en el horizonte Bt formándose el horizonte argílico.

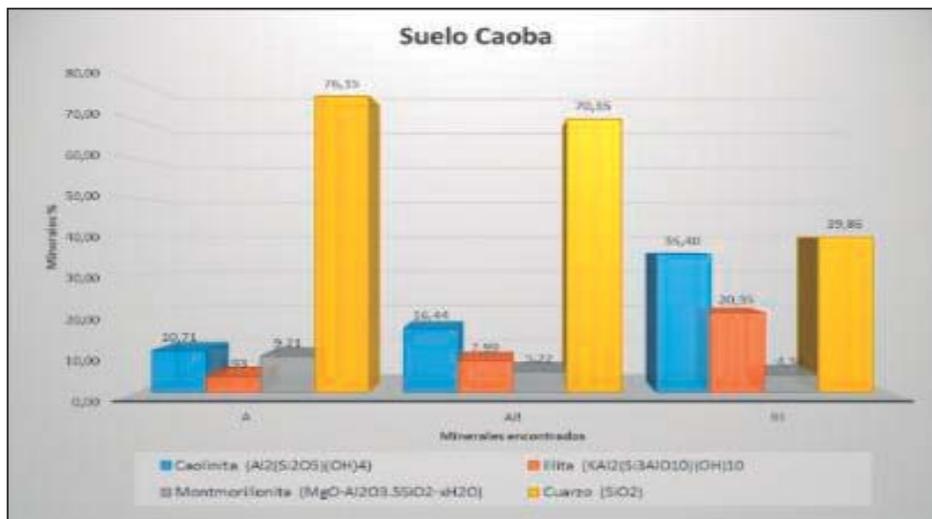


Figura 46: Porcentaje de minerales arcillosos y otros minerales. Suelo Caoba.

**Fuente: Elaboración propia.**

En el suelo Pijuayo, figura 47, se desarrolla sobre materiales de la formación Ucayali. Dentro del pedón el contenido de montmorillonita es irregular y la caolinita se incrementa con la profundidad, asimismo con presencia de rutilo. Al parecer este suelo presenta un

grado de desarrollo algo más avanzado, la presencia de rutilo dentro del pedón y un alto contenido de caolinita es precedente de la transformación de las arcillas tipo 2:1.

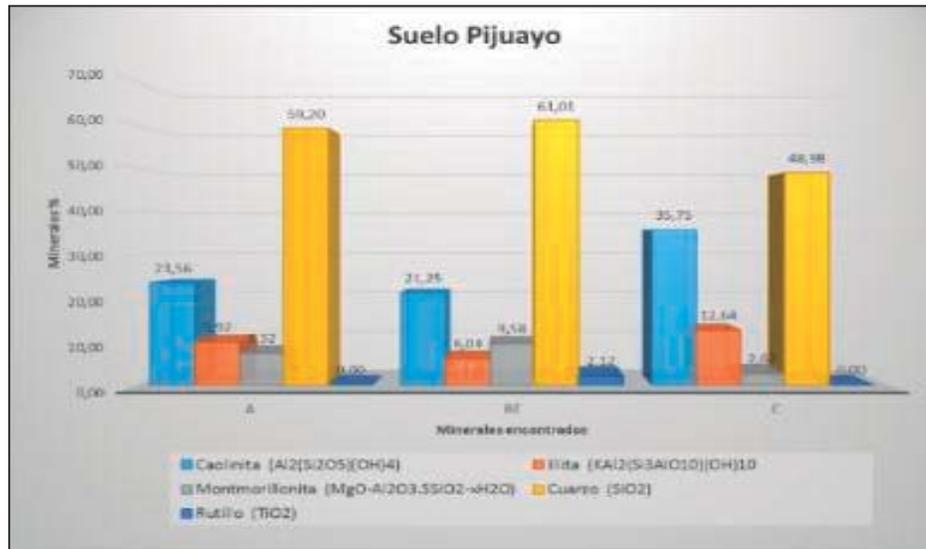


Figura 47: Porcentaje de minerales arcillosos y otros minerales Suelo Pijuayo.

**Fuente: Elaboración propia.**

#### 4.5.3.2 LA MINERALOGIA COMO INDICADOR DE LA EDAD DE LOS SUELOS

Los suelos Uvilla, Mohena, Shebon, Horizonte, Tornillo, Libertad y Cedro, presentan según Foth (1990), un desarrollo moderado, debido a su contenido de cuarzo y esmécita, así mismo, la albita ha desaparecido por completo del perfil del suelo, y no se observa rastros del óxido de titanio. Dentro del Orden Inceptisols los suelos Uvilla, Mohena, Shebon, Horizonte, Tornillo y Libertad son los más jóvenes, al igual que el suelo Cedro el más joven para el Orden Ultisols.

Los suelos Huasai, Colina, Sargento, Santa Rosa y Pijuayo según Foth (1990), presentan una meteorización intensa debido a que la albita ha desaparecido de sus perfiles y se puede encontrar considerables porcentajes de rutilo que es un indicador de un suelo evolucionado (envejecido), cabe resaltar, la existencia de la acumulación de caolinita, la cual es un indicador de que el mineral albita se ha meteorizado. Dentro del Orden Inceptisols los suelos Huasai, Colina, Sargento y Santa Rosa son los más desarrollados, al igual que el suelo Pijuayo lo es para el Orden Ultisols.

Los suelos Palmera y Capirona (Inceptisols), son suelos que se desarrollaron insitu y también son suelos con moderada meteorización, presentan en su composición mineralógica a la albita con un buen porcentaje por encima del 4 % llegando incluso a superar el 19 % en los horizontes más profundos, al parecer estos suelos presentan una erosión fuerte debido a que el porcentaje de la caolinita no se acumula en los horizontes superficiales como en los otros suelos siendo esto producto de la meteorización de la albita.

Al parecer en esta zona existe un sistema doble, es decir, los suelos envejecen y rejuvenecen al mismo tiempo; su parte superficial expuesta a los procesos o factores ambientales se va meteorizando y se va acumulando el rutilo que según Foth, figura 30, el rutilo es un indicador de suelos muy evolucionados, al estar estos suelos en pendientes superiores al 25 % existe la probabilidad de erosión en la parte superficial, la cual se va incrementando la posibilidad a producirse derrumbes (erosión) conforme aumenta la pendiente, produciéndose pérdidas cada vez mayores por efecto de las lluvias intensas de la zona y la gravedad. Esta pérdida ocasiona que se exponga material parental menos evolucionado en donde se puede encontrar al mineral albita, y así el ciclo nuevamente se inicia.

Se puede predecir que los suelos Shimbillo (Inceptisols) y Nejilla (Entisols), evolucionaron sobre los materiales procedentes de los suelos Palmera y Capirona, que se depositaron en estas zonas fisiográficas de terrazas bajas y medias, producto de la erosión, transporte y sedimentación que ocurrió en épocas anteriores, puesto que se evidencia la existencia de minerales como la albita y el rutilo.

Para determinar las Clases de Mineralogía, se utiliza la misma sección control utilizada para las Clases de Tamaño de Partículas. En el Cuadro 38, se presenta la Clase de mineralogía, ahora se observa que todos los suelos a excepción del suelo Santa Rosa presentan una mineralogía mezclada con predominancia de caolinita. En el suelo Santa Rosa predomina la montmorillonita y en el suelo Nejilla, la illíta.

Cuadro 38: Clasificación Taxonómica según su Clase de Mineralogía.

Suelo	Horizonte	Soil Taxonomy (2014)	
		Clase Mineralógica	Sub Grupo
NEJILLA	A	Mezclada	Typic Udifluvents
	1C		
	2C		
HUASAI	A	Mezclada	Dystric Fluventic Eutrudepts
	Bw1		
	Bw2		
SHIMBILLO	A	Mezclada	
	Bw		
	C		
CAPIRONA	A	Mezclada	Dystric Eutrudepts
	Bw		
	C		
PALMERA	A	Mezclada	
	Bw		
	C		
HORIZONTE	A	Mezclada	Fluventic Dystrudepts
	Bw		
	C		
COLINA	A	Mezclada	
	BA		
	Bw		
SHEBON	A	Mezclada	
	Bw		
	C		
SANTA ROSA	A	Esmeclítica	
	AB		
	Bw		
UVILLA	A	Mezclada	
	Bw		
	C		
MOHENA	A	Mezclada	
	Bw		
	C		
LIBERTAD	A	Mezclada	Typic Dystrudepts
	AB		
	Bw		
TORNILLO	A	Mezclada	
	B		
	C		
SARGENTO	A	Mezclada	
	Bw		
	C		
CEDRO	A	Mezclada	Inceptic Hapludults
	BA		
	Bt		
CAOBA	A	Mezclada	Typic Hapludults
	AB		
	Bt		
PIJUAYO	A	Mezclada	
	Bt		
	C		

**Fuente:** Elaboración propia.

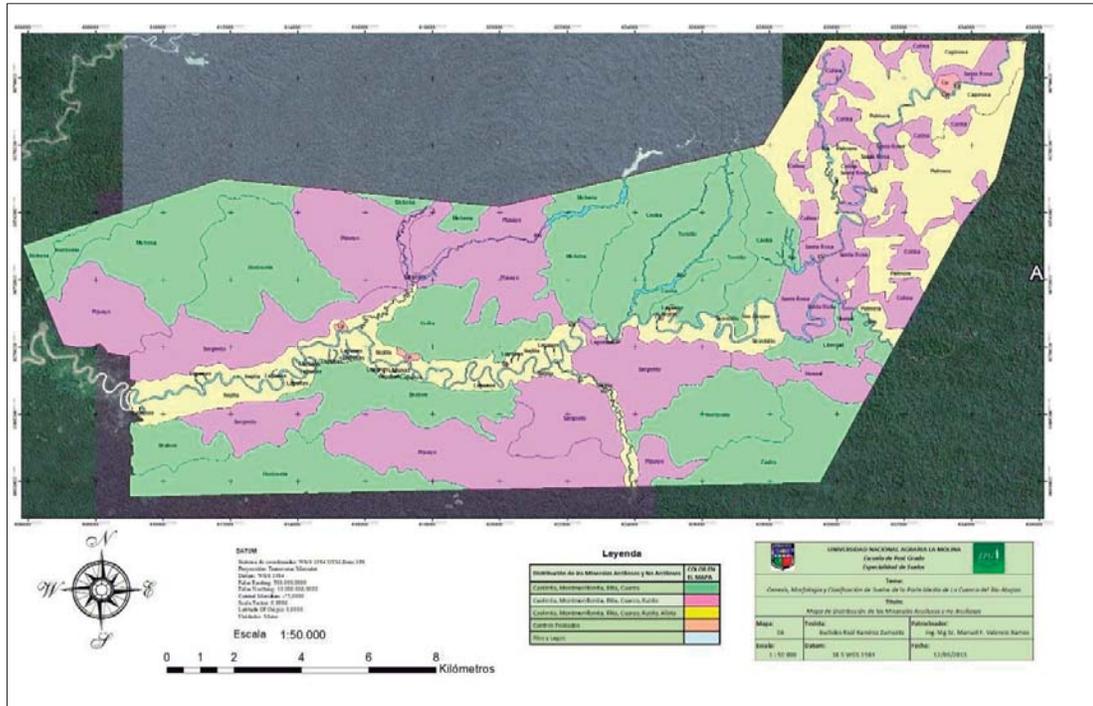


Figura 48: Mapa de Distribución de Minerales Arcillosos y No Arcillosos en los Suelos Identificados en la Zona.  
**Fuente:** Elaboración Propia.

#### 4.5.4 CLASE DE ACTIVIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO

Las clases de actividad de intercambio catiónico, ayudan a hacer interpretaciones de los ensamblajes mineralógicos y de la capacidad de retención de nutrientes en los suelos sobre todo para los de mineralogía mezclada y silíceas con clase de tamaño de partícula arcillosa, franca gruesa, franca fina y franca. Los criterios para las clases usan la relación de la Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) con el porcentaje “por peso” de la arcilla, todo esto se trabaja en la misma sección control utilizada para Clases de Tamaño de Partículas, cuadro 39.

Sea agrupando los suelos por el tipo de comportamiento que presenta la CIC con respecto a la arcilla o a la materia orgánica, la razón es determinar, si la sustitución isomórfica (cargas permanentes) o la hidrólisis de los grupo OH, COOH (cargas dependientes del pH) son los que influyen en el incremento de la CIC.

Se observa, figuras, 49, suelo Caoba; figura 50, Horizonte, Colina y Mohena; figura 51, suelos Tornillo, Cedro, Uvilla; figura 52, Huasai, Libertad y Santa Rosa; figura 53, suelos Sargento y Shimbillo; el aumento de la CIC está influenciada por el alto porcentaje de minerales arcillosos presentes (línea azul), es decir, que las cargas negativas producidas son generadas por sustitución isomórfica (cargas permanentes) que se encuentran en los minerales arcillosos (Montmorillonita, Illíta y Colinita).



Figura 49: La CIC vs la arcilla y materia orgánica Suelo Caoba.  
**Fuente:** Elaboración propia.

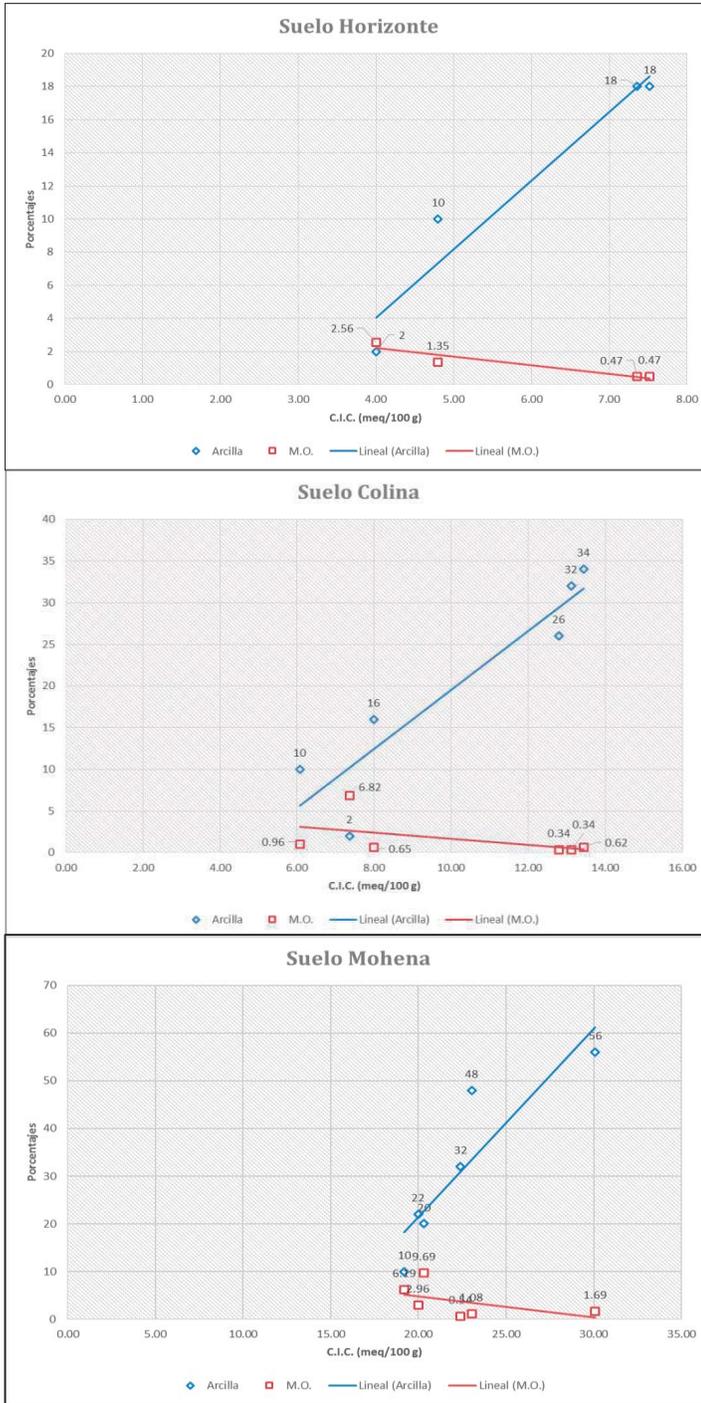


Figura 50: La CIC vs la arcilla y materia orgánica Suelos Horizonte, Colina y Mohena.

Fuente: Elaboración propia.

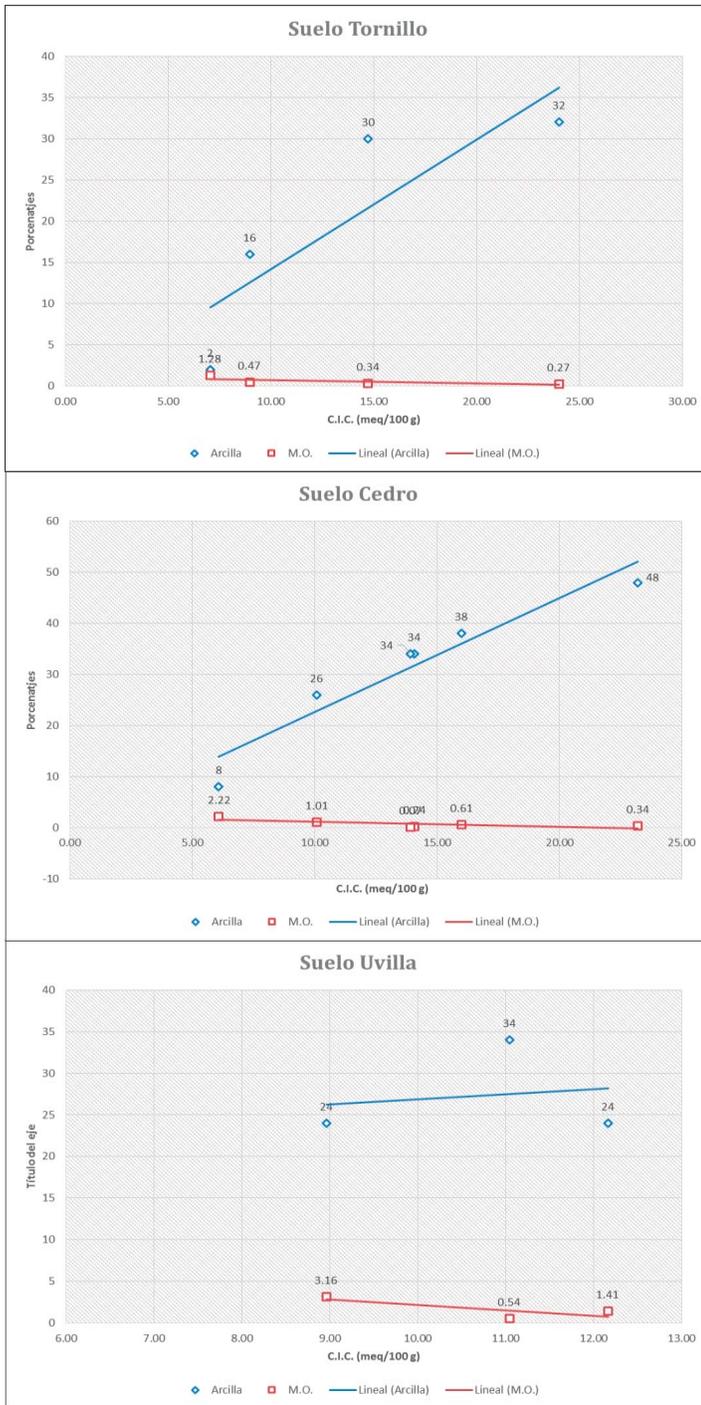


Figura 51: La CIC vs la arcilla y materia orgánica Suelos Tornillo, Cedro y Uvilla.

**Fuente:** Elaboración propia.

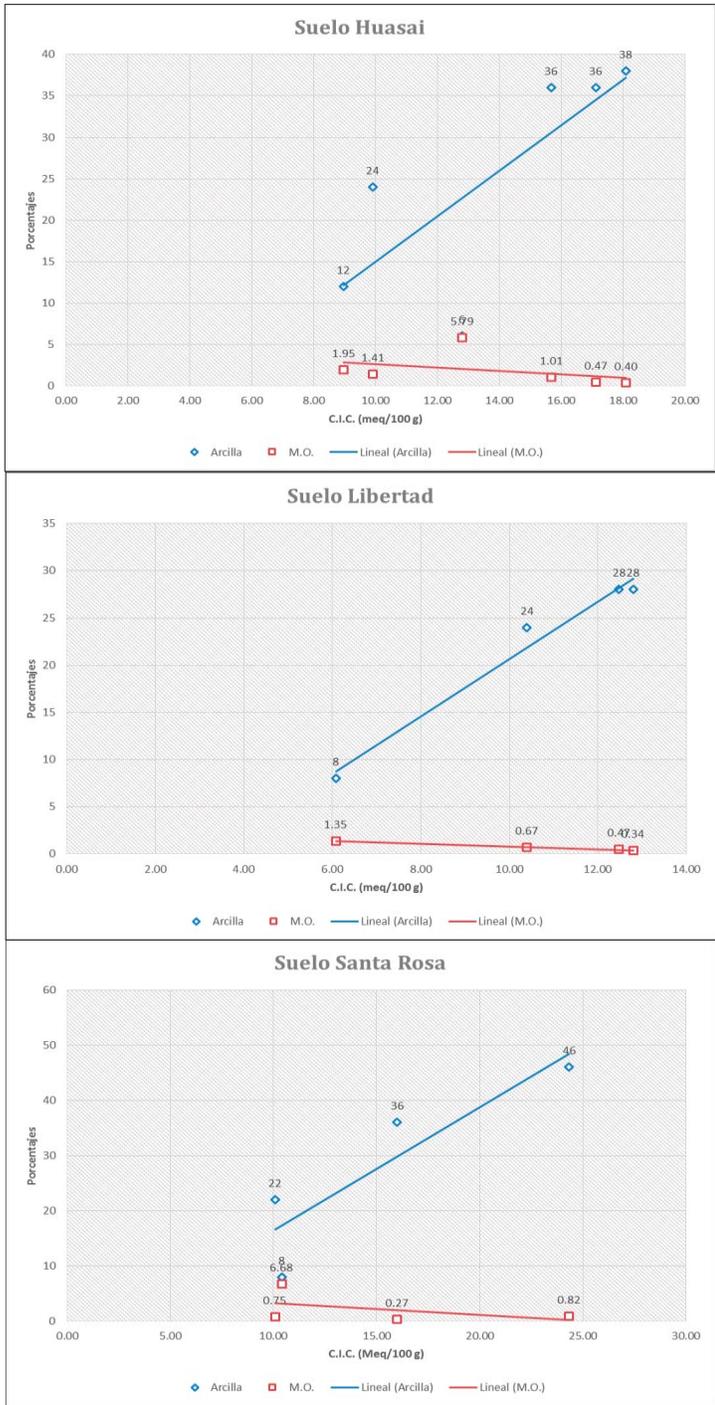


Figura 52: La CIC vs la arcilla y materia orgánica Suelos Huasai, Libertad y Santa Rosa.

**Fuente:** Elaboración propia.

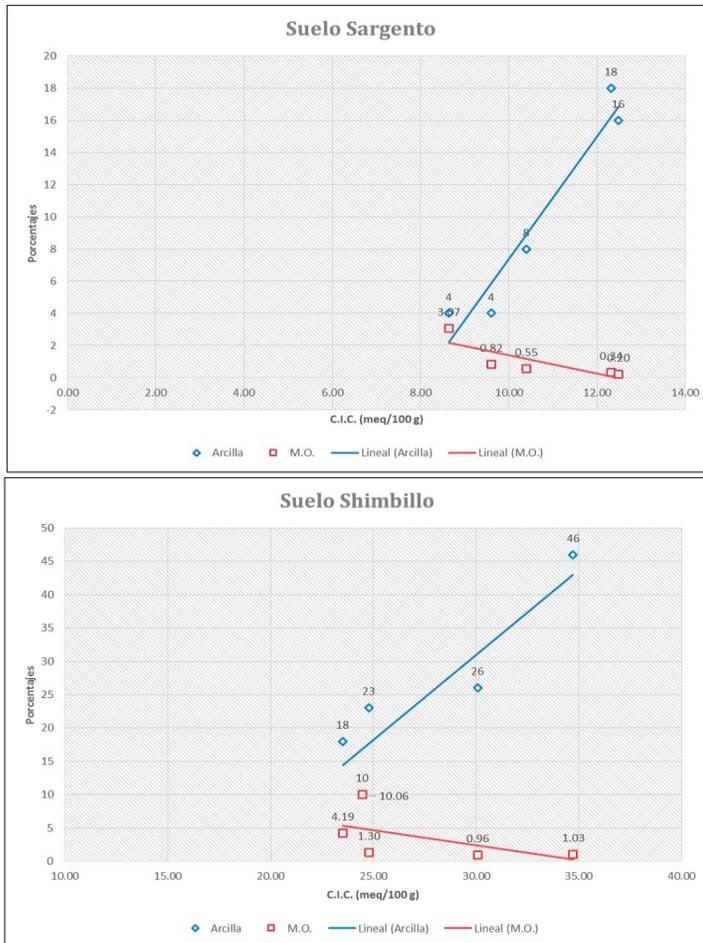


Figura 53: La CIC vs la arcilla y materia orgánica Suelos Sargento y Shimbillo.

**Fuente:** Elaboración propia.

Para los suelos Palmera y Pijuayo, figura 54, la relación es diferente, se observa un descenso de la CIC con respecto al porcentaje de minerales arcillosos (línea azul), al parecer, la CIC no depende en gran medida por la sustitución isomórfica de los minerales arcillosos si no también con la presencia de un ligero aumento de la CIC (línea roja) con respecto a la materia orgánica, que indica que las cargas dependiente del pH generadas por la materia orgánica que se encuentra en los perfiles de estos suelos, también influyen en la retención de los cationes y nutrientes en la zona de intercambio del suelo, pero aún el mineral arcilloso es la que aporta más enlaces de cambio.

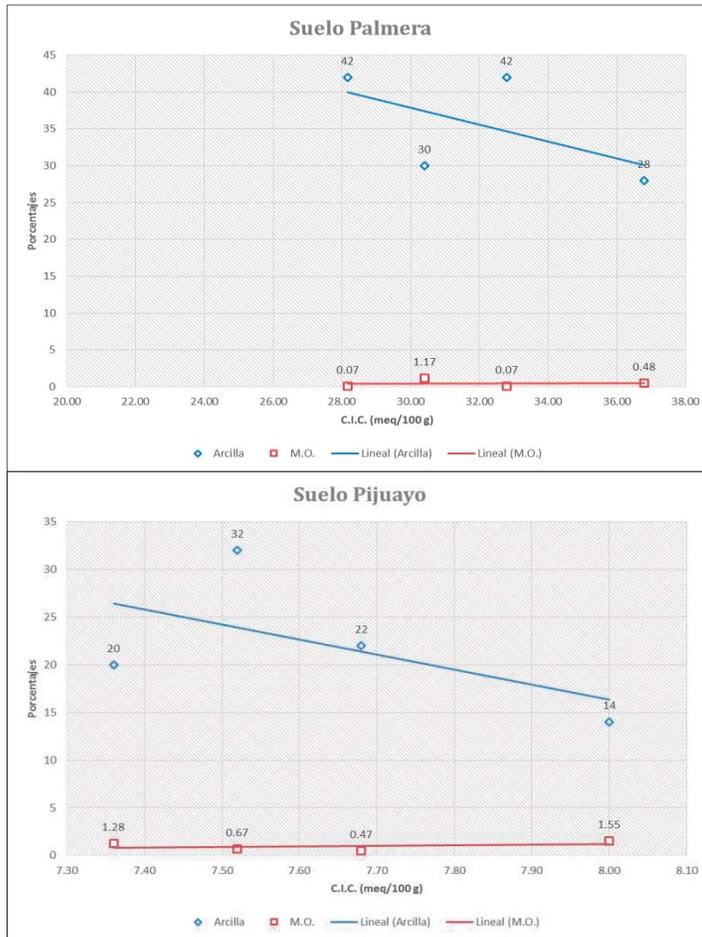


Figura 54: La CIC vs la arcilla y materia orgánica Suelos Palmera y Pijuayo.

**Fuente:** Elaboración propia.

Con respecto a los suelos Shebon, Nejilla y Capirona, figura 55, sus CIC están influenciadas tanto por la arcilla como por la materia orgánica, es decir las cargas permanentes y las dependientes del pH otorgan a estos suelos los enlaces de adsorción para los elementos nutricionales de las plantas con casi la misma intensidad, aunque para los suelos Nejilla y Capirona las cargas permanentes producidas otorgan más enlaces de cambio que las cargas dependientes del pH producidas por la materia orgánica, caso contrario ocurre para el suelo Shebon, en la cual se observa que los enlaces producidos por la materia orgánica son más abundantes que los producidos por la arcilla.

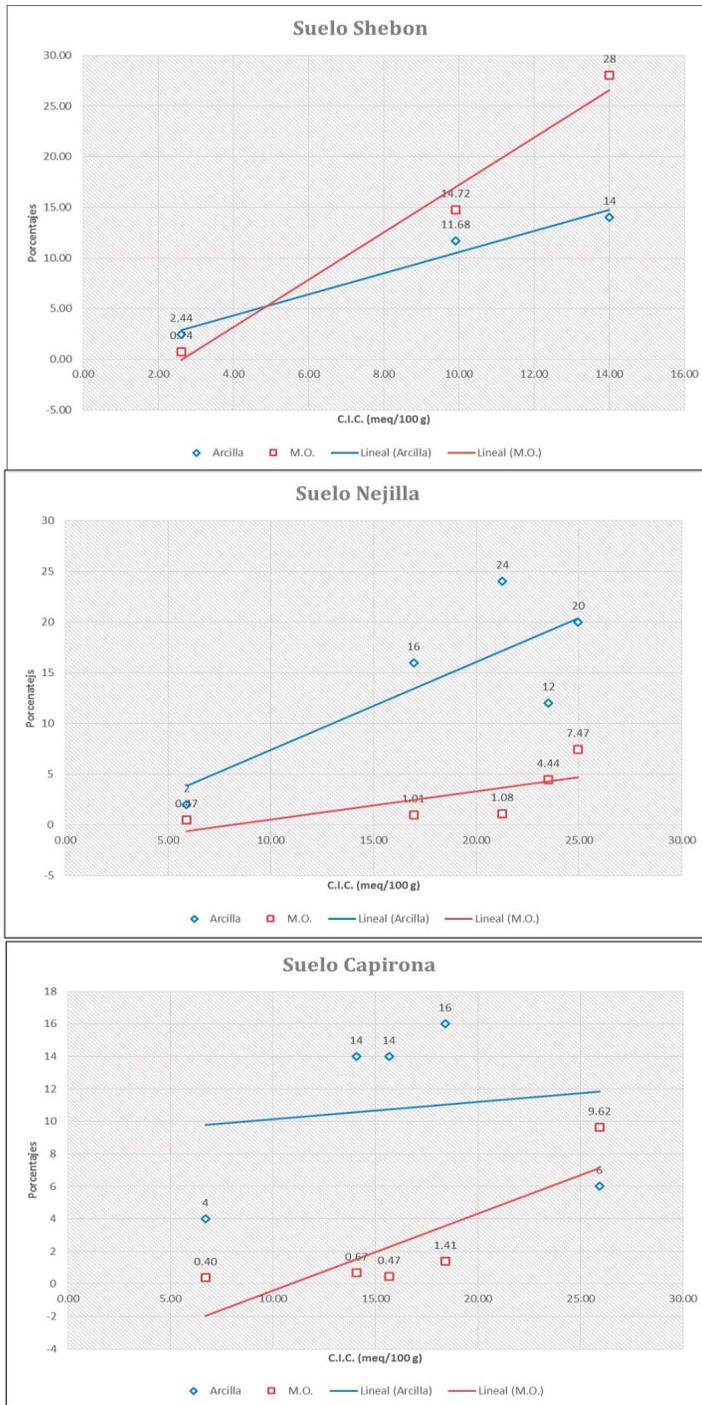


Figura 55: La CIC vs la arcilla y materia orgánica Suelos Shebon, Nejilla y Capirona.

**Fuente:** Elaboración propia.

Según el sistema de Clasificación Taxonómica de Suelos (Soil Taxonomy, 2014), la clasificación, a nivel de familia, por la Clase de Actividad de Intercambio Catiónico, ayuda

a hacer interpretaciones de los ensamblajes mineralógicos y de la capacidad de retención de nutrientes en los suelos mediante las cargas permanentes o las dependientes del pH.

En el Cuadro 39, se observa que los suelos Nejilla (Udifuvents), Shimbillo (Eutrudepts), Capirona (Eutrudepts), Sargento (Dystrudepts) y Shebon (Dystrudepts) presentan una Clase de Actividad de Intercambio Catiónico “Superactiva”, es decir los minerales arcillosos de estos suelos contienen una muy alta capacidad de enlaces, que servirá a estos suelos a contener más elementos nutritivos y realizar mayor intercambio de cationes con la planta, esto es debido a que presenta una relación muy elevada (mayor a 0.60) entre su CIC y el porcentaje de arcilla

Por otro lado, los suelos Huasai (Eutrudepts), Palmera (Eutrudepts), Horizonte (Dystrudepts), Colina (Dystrudepts), Santa Rosa (Dystrudepts), Uvilla (Dystrudepts), Mohena (Dystrudepts), Libertad (Dystrudepts), Tornillo (Dystrudepts) y Cedro (Hapludults) presentan una Clase de Actividad de Intercambio Catiónico “Activa”, es decir los minerales arcillosos existentes en estos suelos presentan alta capacidad de enlaces que pueden servir para intercambiar los elementos minerales necesarios para la planta con relativa facilidad; la relación existente entre su CIC y el porcentaje de arcilla es elevada (entre 0.40 y 0.60).

Finalmente el suelo Caoba y el suelo Pijuayo, ambos Hapludults, presentan una clase de Actividad de Intercambio Catiónico “Semiactiva”, es decir los minerales arcillosos presentan moderada capacidad de enlaces disponibles para realizar los intercambios de cationes necesarios con la planta, la relación existente entre su CIC y el porcentaje de arcilla es baja (entre 0.20 y 0.40).

La calificación indicada en los párrafos precedente nos permite separar, a nivel de familia, suelos que a nivel de subgrupo presentan la misma clasificación. Los suelos Huasai y Shimbillo, ambos son Dystric Fluventic Eutrudepts, sin embargo, el suelo Huasai presenta una Actividad de Intercambio Catiónico activa y el suelo Shimbillo, Superactiva, lo mismo sucede con los Dystric Eutrudepts, suelos Capirona y suelo Palmera, el primero es Superactiva y el segundo es activa. En los Fluventic Dystrudepts solo es posible separar el

suelo Shebon que es Superactiva, de los otros cinco que es activa. En los Typic Dystrudepts separar el suelo Sargento que es Superactiva de los otros dos que es activa.

Cuadro 39: Clasificación por Actividad de Intercambio Catiónico.

Suelo	Horizontes (Sección Control)	CIC (Prom.)	% Arcilla (Prom.)	Valor de la Clase por actividad de Intercambio Catiónico (CAIC)	Soil Taxonomy (2014)	
					CAIC	Sub Grupo
Nejilla	1C	11,44	9	1,27	Superactiva	Typic Udifluvents
	2C					
Huasai	Bw2	16,96	37	0,46	Activa	Dystric Fluventic Eutrudepts
	Bw3					
	C					
Shimbillo	Bw	29,86	32	0,93	Superactiva	
	C1					
Capirona	C2	14,88	14	1,06	Superactiva	
	Bw					
Palmera	Bw2	20,32	37	0,55	Activa	Dystric Eutrudepts
	Bw					
	C1					
Horizonte	C2	6,16	14	0,44	Activa	
	Bw					
Colina	C1	11,41	25	0,46	Activa	
	Bw1					
	Bw2					
Shebon	C1	13,2	21	0,63	Superactiva	
	Bw					
Santa Rosa	C	16,8	35	0,48	Activa	Fluventic Dystrudepts
	AB					
	Bw					
Uvilla	C	10,72	27	0,4	Activa	
	Bw					
	A					
Mohena	C	24,4	42	0,58	Activa	
	BC					
	Bw					
Libertad	1C	10	18	0,56	Activa	
	A					
	AB					
Tornillo	Bw	11,84	23	0,51	Activa	Typic Dystrudepts
	Bt					
Sargento	AB	11,36	13	0,87	Superactiva	
	Bt					
Cedro	BA	16,43	37	0,44	Activa	Inceptic Hapludults
	B					
	Bt					
Caoba	B	8,4	23	0,37	Semiactiva	
	AB					
Pijuayo	Bt	7,52	25	0,3	Semiactiva	Typic Hapludults
	BA					
	C					

**Fuente:** Elaboración propia.

#### 4.5.5 CLASE DE REACCIÓN Y CALCÁREAS

Según el INTA (2012), la reacción del suelo hace referencia al grado de acidez o basicidad del mismo y generalmente se expresa por medio de un valor de pH, la que es definida como el logaritmo negativo, en base 10, de la actividad del protón ( $H^+$ ). Además, la FAO (2009), expresa, que el pH afecta la disponibilidad de nutrientes minerales para las plantas. Todos los suelos encontrados en este estudio presentan valores de pH entre los 3.60 y los 5.35 (extremadamente ácido a fuertemente ácido).

Las características ácidas de estos suelos, cuadro 40, no fueron heredadas en su totalidad del material parental, debido a la existencia de areniscas calcáreas, en especial en los suelos Palmera Colina y Capirona, que tuvieron su génesis dentro de la Formación Geológica Chambira. Este material fue transportado hacia los suelos de las terrazas bajas (Nejilla), y terrazas medias (Shimbillo). En los perfiles de estos últimos, existe una elevada presencia del elemento Calcio “Ca”, además de tener alta saturación de bases. En los suelos Huasai, Libertad, Tornillo, Cedro y Caoba, desarrollados dentro de la formación geológica Ipururo y en los suelos Horizonte, Mohena y Pijuayo que se desarrollaron dentro de la Formación Ucayali, no se observaron capas con materiales calcáreos lo que existe la posibilidad que estos suelos heredaron la acidez del mismo material parental y además otorgaron sus características o atributos a los suelos de las terrazas medias Santa Rosa, Sargento, Uvilla y Shebon.

Las elevadas precipitaciones que se presentan en la zona de estudio acentuaron el efecto acidificante en los suelos. Al observar el Cuadro 40, vemos que existe un incremento del pH en las partes más profundas del perfil de casi todos los suelos, esto se podría explicar como un proceso de pérdida, por lavado de los elementos basificantes (lixiviación) por efecto de las lluvias. Como explica el INTA (2012), las precipitaciones tienden a acidificar el suelo, por lixiviación de las bases ( $Ca^{2+}$ ), Magnesio ( $Mg^{2+}$ ), Potasio ( $K^+$ ) y Sodio ( $Na^+$ ), disueltas en solución e intercambio de las bases adsorbidas al complejo de intercambio por  $H^+$ .

Solo el suelo Nejilla (Udifluents) presenta en su perfil diferentes valores de pH, sin ningún orden aparente entre sus capas, esto es debido a que cada capa es un material diferente al anterior que fue depositado por el río, año tras año.

Cuadro 40: Características Ácidas de los Suelos.

Suelo	Horizontes (Sección Control)	Profundidad (cm.)	pH	Soil Taxonomy (2014)	
				Clase por Reacción	Sub Grupo
Nejilla	1C	16-32	4.93	Ácida	Typic Udifluvents
	2C	32-81	5.14		
Huasai	Bw2	30-51	4.74	Ácida	Dystric Fluventic Eutrudepts
	Bw3	51-82	4.75		
	C	82-145	4.82		
Shimbillo	Bw	15-40	4.90		
	C1	40-73	4.97		
	C2	73-149	4.90		
Capirona	Bw	33-43	4.74	Ácida	Dystric Eutrudepts
	Bw2	43-86	5.19		
Palmera	Bw	26-40	4.56		
	C1	40-86	4.80		
	C2	86-159	5.14		
Horizonte	Bw	23-87	4.58		
	C1	87-103	4.12		
Colina	Bw1	23-48	4.27		
	Bw2	48-68	4.26		
	C1	68-102	4.39		
Shebon	Bw	28-55	4.12		
	C	55-150	4.40		
Santa Rosa	AB	6-56	4.11		
	Bw	56-84	4.29		
	C	84-168	4.42		
Uvilla	A	10-32	3.84		
	Bw	32-82	4.11		
	C	82-139	4.38		
Mohena	Bw	20-48	4.36		
	BC	48-80	4.44		
	1C	80-130	4.52		
Libertad	A	0-40	4.66	Ácida	Typic Dystrudepts
	AB	40-69	4.15		
	Bw	69-97	4.35		
Tornillo	AB	34-45	4.19		
	Bt	45-65	4.31		
Sargento	Bw	30-72	4.37		
	C1	72-98	4.42		
Cedro	BA	42-74	4.33	Ácida	Inceptic Hapludults
	B	74-95	4.50		
	Bt	95-116	4.46		
Caoba	AB	19-41	4.36	Ácida	Typic Hapludults
	Bt	41-118	4.42		
Pijuayo	BA	22-46	4.07		
	Bt	46-72	4.19		
	C	72-120	4.35		

**Fuente:** Elaboración propia.

#### 4.6 CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DE LOS SUELOS IDENTIFICADOS

Para este proceso se utilizó la clasificación taxonómica de la USDA (Soil Taxonomy, 2014), sus resultados se presentan en el cuadro 41.

Cuadro 41: Clasificación Taxonómica a nivel de familia para los suelos identificados.

<b>Clasificación Taxonómica 2014</b>	<b>Serie de Suelo</b>
Franca gruesa, Mezclada, Superactiva, Typic Udifluvents	<b>Nejilla</b>
Fina, Mezclada, Activa, Dystric Fluventic Eutrudepts	<b>Huasai</b>
Franca fina, Mezclada, Superactiva, Dystric Fluventic Eutrudepts	<b>Shimbillo</b>
Franca gruesa, Mezclada, Superactiva, Dystric Eutrudepts	<b>Capirona</b>
Fina, Mezclada, Activa, Dystric Eutrudepts	<b>Palmera</b>
Franca gruesa, Mezclada, Activa, Fluventic Dystrudepts	<b>Horizonte</b>
Franca fina, Mezclada, Activa, Fluventic Dystrudepts	<b>Colina</b>
Franca fina, Mezclada, Superactiva, Fluventic Dystrudepts	<b>Shebon</b>
Franca fina, Esmectítica, Activa, Fluventic Dystrudepts	<b>Santa Rosa</b>
Franca fina, Mezclada, Activa, Fluventic Dystrudepts	<b>Uvilla</b>
Fina, Mezclada, Activa, Fluventic Dystrudepts	<b>Mohena</b>
Franca fina, Mezclada, Activa, Typic Dystrudepts	<b>Libertad</b>
	<b>Tornillo</b>
Franca gruesa, Mezclada, Superactiva, Typic Dystrudepts	<b>Sargento</b>
Fina, Mezclada, Activa, Inceptic Hapludults	<b>Cedro</b>
Franca fina, Mezclada, Semiactiva, Typic Hapludults	<b>Caoba</b>
	<b>Pijuayo</b>

**Fuente:** Elaboración propia.

Los suelos Libertad y Tornillo, a pesar de tener la misma denominación taxonómica a nivel de familia, sus diferencias se establecen en base a características específicas inherentes al pedón, tales como el color, textura, reacción del suelo, lo mismo sucede con los suelos Caoba y Pijuayo.

El suelo Libertad presenta color pardo amarillento sobre rojo y clase textural franco arcillo arenoso mientras el suelo Tornillo, el color es amarillo rojizo sobre rojo amarillento y clase textural franco arenosa sobre franco arcillo arenosa. Estas características separan a estos suelos, dentro del nivel de familia, a serie de suelos, con la misma denominación vernácula considerada.

Igualmente, en el caso de los suelos Caoba y Pijuayo su diferencia esta dada por el color y la clase textural. El suelo Caoba presenta color amarillo rojizo sobre rojo y clase textural franca arenosa sobre franco arcillo arenosa; y el Suelo Pijuayo presenta color pardo fuerte sobre amarillo rojizo y una clase textural franco sobre franco arcillo arenosa. El nombre de suelo asignado a cada uno de ellos constituye la serie de suelo.

Para los demas suelos, su nombre vernacular, asignado al inicio y preservado hasta el nivel de familia, constituye el nombre de la serie de suelo.

#### **4.7 EL MAPA DE SERIES DE SUELOS**

El corolario de la descripción, análisis e identificación de los suelos es un Mapa, su localización y superficie esta determinado por las consociaciones. Estas son diecisiete e incluyen a la serie de suelo respectiva y está subdividido en fases por pendiente, cuadro 42.

- **CONSOCIACIÓN NEJILLA (Ne)**

Se distribuye en terrazas bajas, con pendientes entre 0 al 8 %, desarrolladas a partir de materiales transportados por los cursos fluviales de la zona. Se encuentra bajo un régimen de humedad údico y un régimen de temperatura Isohypertérmico. Cubre una extensión de **1 555.35** ha; equivalente al 6.34 % del área. Se presenta en tres fases por pendiente:

- Plano “A” (0 a 2 %)
- Ligeramente inclinado “B” (2 a 4 %)
- Moderadamente inclinado “C” (4 a 8 %)

- **CONSOCIACIÓN HUASAI (Hu)**

Se distribuye en colinas bajas del cuaternario, con pendientes entre 08 a 25 %, desarrolladas a partir de areniscas de la formación Ipururo. Se encuentra bajo un régimen de humedad údico y un régimen de temperatura Isohypertérmico. Cubre una

extensión de 364.99 ha, equivalente al 1.49 % del área. Se presenta en dos fases por pendiente.

- Fuertemente inclinado “D” (08 a 15%)
- Moderadamente empinado “E” (15 a 25 %)

- **CONSOCIACIÓN SH.IMBILLO (Sm)**

Se distribuye en terrazas medias con pendientes entre 2 al 8 %, desarrollados a partir de materiales aluviales subrecientes. Se encuentra bajo un régimen de humedad údico y un régimen de temperatura Isohypertérmico. Cubre una extensión de 316.70 ha; equivalente al 1.29 % del área, cuadro 41. Se presenta en tres fases por pendiente.

- Ligeramente inclinado “B” (2 a 4 %)
- Moderadamente inclinado “C” (4 a 8 %)

- **CONSOCIACIÓN CAPIRONA (Ci)**

Se distribuyen en colinas bajas del terciario, pendiente entre 15 al 75 %, desarrollada de limoarenitas de la formación Chambira. Se encuentra bajo un régimen de humedad údico y un régimen de temperatura Isohypertérmico. Cubre una extensión de 436.27 ha; equivalente al 1.78 % del área. Se presenta en 3 fases por pendiente.

- Moderadamente empinado “E” (15 a 25 %)
- Empinado “F” (25 a 50 %)
- Muy Empinado “G” (50 a 75 %)

- **CONSOCIACIÓN PALMERA (Pa)**

Se distribuye en colinas bajas del terciario, pendientes entre 15 al 75 %, desarrolladas a partir de limoarenitas de la formación Chambira. Se encuentra bajo un régimen de humedad údico y un régimen de temperatura Isohypertérmico. Cubre una extensión de 2 339.67 ha; equivalente al 9.54 % del área. Se presenta en tres fases por pendiente.

- Moderadamente empinado “E” (15 a 25 %)
- Empinado “F” (25 a 50 %)
- Muy Empinado “G” (50 a 75 %)

- **CONSOCIACIÓN HORIZONTE (Ho)**

Se distribuye en terrazas altas, con pendientes entre 2 al 8 %, desarrolladas a partir de materiales aluviales antiguos. Se encuentra bajo un régimen de humedad údico y un régimen de temperatura Isohypertérmico. Cubre una extensión de 3 132.51 ha; equivalente al 12.77 % del área. Se presenta en dos fases por pendientes.

- Ligeramente Inclinado “B” (2 a 4%)
- Moderadamente inclinado “C” (4 a 8 %)

- **CONSOCIACIÓN COLINA (Co)**

Se distribuye en colinas bajas del terciario, pendiente entre 15 al 25 %, desarrolladas a partir de limoarenitas de la formación Chambira. Se encuentra bajo un régimen de humedad údico y un régimen de temperatura Isohypertérmico. Cubre una extensión de 1 096.37 ha; equivalente al 4.47 % del área. Se presenta en una fase por pendiente.

- Moderadamente empinado “E” (15 a 25 %)

- **CONSOCIACIÓN SHEBON (Sb)**

Se distribuye en terrazas medias con pendientes entre 0 al 8 % desarrolladas a partir de materiales aluviales subrecientes Se encuentra bajo un régimen de humedad údico y un régimen de temperatura Isohypertérmico. Cubre una extensión de 1 125.03 ha; equivalente al 4.59 % del área. Se presenta en tres fases por pendiente.

- Plano “A” (0 a 2 %)
- Ligeramente inclinado “B” (2 a 4 %)
- Moderadamente inclinado “C” (4 a 8 %)

- **CONSOCIACIÓN SANTA ROSA (SR)**

Se distribuye en terrazas medias, con pendientes entre 4 al 8 %, desarrolladas a partir de materiales aluviales subrecientes. Se encuentra bajo un régimen de humedad údico y un régimen de temperatura Isohypertérmico. Cubre una extensión de 840.87 ha; equivalente al 3.43 % del área. Se presenta en dos fases por pendiente.

- Moderadamente inclinado “C” (4 a 8 %)

- **CONSOCIACIÓN UVILLA (Uv)**

Se distribuye en terrazas medias, con pendientes entre 2 al 8 %, desarrolladas a partir de materiales aluviales subrecientes. Se encuentra bajo un régimen de humedad údico y un régimen de temperatura Isohypertérmico. Cubre una extensión de 730.00 ha; equivalente al 2.98 % del área. Se presenta en tres fases por pendientes.

- Ligeramente inclinado “B” (2 a 4 %)
- Moderadamente inclinado “C” (4 a 8 %)

- **CONSOCIACIÓN MOHENA (Mo)**

Se distribuye en terrazas altas, con pendientes entre 2 al 8 %, desarrolladas a partir de materiales aluviales antiguos. Se encuentra bajo un régimen de humedad údico y un régimen de temperatura Isohypertérmico. Cubre una extensión de 1 993.02 ha; equivalente al 8.13 % del área. Se presenta en dos fases por pendiente.

- Ligeramente inclinado “B” (2 a 4%)
- Moderadamente inclinado “C” (4 a 8 %)

- **CONSOCIACIÓN LIBERTAD (Li)**

Se distribuye en colinas bajas del cuaternario, con pendientes entre 15 al 50 %, desarrolladas a partir de areniscas de la formación Ipururo. Se encuentra bajo un régimen de humedad údico y un régimen de temperatura Isohypertérmico. Cubre una

extensión de 320.81 ha; equivalente al 1.31 % del área. Se presenta en dos fases por pendiente.

- Moderadamente empinado “E” (15 a 25%)
- Empinado “F” (25 a 50 %)

- **CONSOCIACIÓN TORNILLO (To)**

Se distribuye en colinas bajas del cuaternario, con pendientes entre 15 al 75 %, desarrolladas a partir de areniscas de la formación Ipururo. Se encuentra bajo un régimen de humedad údico y un régimen de temperatura Isohypertérmico. Cubre una extensión de 843.51 ha; equivalente al 3.44 % del área. Se presenta en cuatro fases por pendiente.

- Moderadamente empinado “E” (15 a 25 %)
- Empinado “F” (25 a 50 %)
- Muy Empinado “G” (50 a 75 %)

- **CONSOCIACIÓN SARGENTO (Sg)**

Se distribuye en terrazas medias, con pendiente entre 0 al 8 %, desarrolladas a partir de material aluviales subrecientes. Se encuentra bajo un régimen de humedad údico y un régimen de temperatura Isohypertérmico. Cubre una extensión de 2 634.81 ha; equivalente al 10.74 % del área. Se presentan en cuatro fases por pendiente:

- Plano “A” (0 a 2 %)
- Ligeramente inclinado “B” (2 a 4 %)
- Moderadamente inclinado “C” (4 a 8 %)

- **CONSOCIACIÓN CEDRO (Ce)**

Se distribuye en colinas bajas del cuaternario, con pendientes entre 08 al 50 %, desarrolladas a partir de areniscas de la formación Ipururo Se encuentra bajo un régimen de humedad údico y un régimen de temperatura Isohypertérmico. Cubre una

extensión de 820.28 ha; equivalente al 3.34 % del área. Se presenta en tres fases por pendiente.

- Fuertemente inclinado “D” (08 a 75%)
- Moderadamente empinado “E” (15 a 25 %)
- Empinado “F” (25 a 50 %)

- **CONSOCIACIÓN CAOBA (Ca)**

Se distribuye en lomadas y colinas bajas del cuaternario, con pendientes entre 8 a 75 %, desarrolladas a partir de areniscas de la formación Ipururo. Se encuentra bajo un régimen de humedad údico y un régimen de temperatura Isohypertérmico. Cubre una extensión de 1 459.51 ha, equivalente al 5.95 % del área. Se presenta en cuatro fases por pendiente.

- Fuertemente inclinado “D” (08 a 75%)
- Moderadamente empinado “E” (15 a 25 %)
- Empinado “F” (25 a 50 %)
- Muy Empinado “G” (50 a 75 %)

- **CONSOCIACIÓN PIJUAYO (Pi)**

Se distribuye en terrazas altas, con pendiente entre 0 al 8 %, desarrolladas a partir de materiales aluviales antiguos. Se encuentra bajo un régimen de humedad údico y un régimen de temperatura Isohypertérmico. Cubre una extensión de 3 907.99 ha; equivalente al 15.93 % del área. Se presenta en cuatro fases por pendiente.

- Plano “A” (0 a 2 %)
- Ligeramente inclinado “B” (2 a 4 %)
- Moderadamente inclinado “C” (4 a 8 %)

Cuadro 42: Superficie de las Unidades Cartográficas.

Unidades Cartográficas			Superficie	
Consociaciones	Símbolo	Fase	ha.	%
Nejilla	Ne	A	553.62	2.26
		B	960.34	3.92
		C	41.39	0.17
Huasai	Hu	D	97.22	0.40
		E	267.77	1.09
Shimbillo	Sm	B	30.13	0.12
		C	286.57	1.17
Capirona	Ci	E	355.64	1.45
		F	44.83	0.18
		G	35.80	0.15
Palmeras	Pa	E	1250.59	5.10
		F	966.61	3.94
		G	122.47	0.50
Horizonte	Ho	B	1458.91	5.95
		C	1673.60	6.82
Colina	Co	E	1096.37	4.47
Shebon	Sb	A	287.11	1.17
		B	279.61	1.14
		C	558.31	2.28
Santa Rosa	SR	C	840.87	3.43
Uvilla	Uv	B	168.28	0.69
		C	561.72	2.29

Unidades Cartográficas			Superficie	
Consociaciones	Símbolo	Fase	ha.	%
Mohena	Mo	B	605.03	2.47
		C	1387.99	5.66
Libertad	Li	E	119.24	0.49
		F	201.57	0.82
Tornillo	To	E	378.45	1.54
		F	396.52	1.62
		G	68.54	0.28
Sargento	Sg	A	509.62	2.08
		B	799.26	3.26
		C	1325.93	5.41
Cedro	Ce	D	352.77	1.44
		E	376.18	1.53
		F	91.33	0.37
Caoba	Ca	D	49.29	0.20
		E	501.96	2.05
		F	754.25	3.08
		G	154.01	0.63
Pijuayo	Pi	A	458.59	1.87
		B	1569.85	6.40
		C	1879.55	7.66
Ríos y Lagos			542.51	2.21
Centros poblados			68.18	0.28
Total			24528.39	100.00

**Fuente:** Elaboración propia.

#### 4.8 SUSCEPTIBILIDAD DE LAS TIERRAS

El estudio de la susceptibilidad de las tierras ante procesos naturales o causados por el hombre, como la erosión, remoción de masas, derrumbes y otros aspectos, se basa en la información de los aspectos edáficos, geológicos, coberturas y uso del suelo, fisiográfico, relieve y la pendiente, todos estos plasmados en mapas temáticos y procesados por un adecuado software (ArcGis 10.0).

Antes de ser procesados por el software se realiza una valoración de todos los atributos o características importantes de cada mapa temático, la cual, esta valoración está expuesta en el capítulo de metodología y la tabla resultante de datos de las valoraciones se encuentra expuesta en el Anexo IV.

En la cuenca media del río Abujao, encontramos tres niveles de susceptibilidad (Ver Figura 56.):

- a) Las tierras con **susceptibilidad ligera**, representan el 5.17 % (1267.71 ha). La fuerte estabilidad que presenta se basa en que está conformada por suelos de terrazas medias, con pendientes que van desde 0 a 8%; localizada sobre bosques primarios, secundarios o en algunas en purmas. Todo tipo de bosques produce una buena resistencia a la degradación por la erosión debido a la cubierta de raíces que sujetan al suelo, esta resistencia se ve incrementada cuando la pendiente tiende a 0 %, se correlaciona con la unidad geológica de Depósitos aluviales subrecientes, al no recibir materiales nuevos por los ríos.
- b) Las tierras con **susceptibilidad moderada**, representan el 79.12 % (19406.57 ha). Su moderada estabilidad se basa en la clase textural gruesa a moderadamente gruesa que presentan los suelos identificados, también a las elevadas precipitaciones de la zona y la pendiente que se encuentran entre 8-25 %, lo que genera procesos de erosión ligera a moderada y pérdida del material edáfico. Se correlaciona con unidades geológicas de baja estabilidad (Depósitos aluviales recientes) y con unidades geológicas de moderada estabilidad (Formación Ipururo), la susceptibilidad es generada por el tipo de material litológico que presentan.

- c) Las tierras con **susceptibilidad fuerte**, comprende el 13.22 % (3242.99 ha). La baja estabilidad que presenta es producto de la fisiografía colinosa y de sus pronunciadas pendientes que llegan a superar el 25%, acentuadas con clases texturales de gruesa a moderadamente gruesa, produciéndose en gran medida eventos erosivos que son maximizados por las elevadas precipitaciones del lugar, asimismo, la baja estabilidad geológica de la formación Chambira determina que estas zonas tengan un fuerte susceptibilidad a los eventos erosivos.

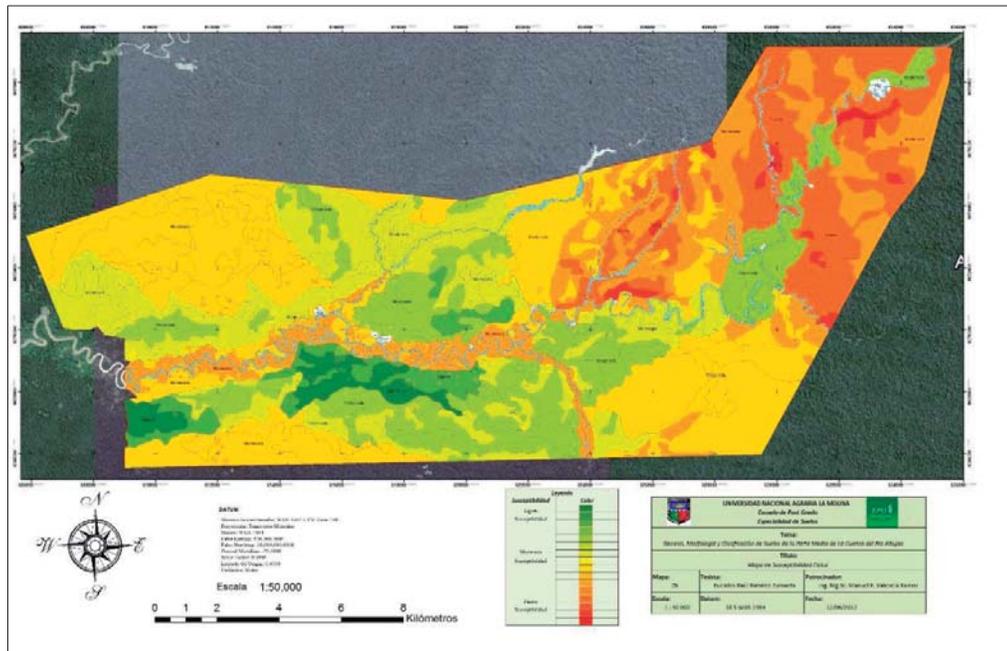


Figura 56: Mapa de Susceptibilidad Física.  
Fuente: Elaboración propia.

## V. CONCLUSIONES

- Se identificaron 17 suelos: uno pertenece al orden de los Entisols; trece al orden de los Inceptisols y tres al orden de los Ultisols (Soil Taxonomy, 2014). La presencia de horizontes y características de diagnóstico ha permitido este agrupamiento: epipedón ócrico, horizonte cámbico y horizonte argílico (clays skins).
- El escaso desarrollo de los suelos originado por depósitos continuos de materiales fluviónicos, disminución irregular de carbono orgánico, caracteriza a los Entisols (Fluvents). La presencia de un horizonte de alteración, cámbico, identifica a los Inceptisols. El mayor desarrollo, indicado por la formación de un horizonte argílico, da lugar a los Ultisols.
- El clima con su régimen de humedad, údico, suelo seco máximo 90 días acumulados al año, permite identificar los subordenes de los Inceptisols (Udepts) y Ultisols (Udufts).
- La saturación de bases fue la característica química que dividió a los Inceptisols en dos grupos: El Gran grupo Eutrudepts, saturación de bases mayor de 60% en uno o más horizontes en los 25-75cm, suelos Huasai, Shimbillo, Capirona y Palmera. El Gran grupo Dystrudepts, saturación de base menor de 50% en todo el perfil, suelos Horizonte, Colina, Shebon, Santa Rosa, Uvilla y Mohena, Libertad, Tornillo y Sargento.
- En la zona predominan los Inceptisols, suelos de desarrollo intermedio. Determinadas características subdividen a estos suelos en grupos más pequeños. Al respecto el carácter fluvéntico y la no existencia de carbonatos libres en el perfil (Dystric) da lugar a los Dystric Fluventic Eutrudepts, suelos Huasai, Shimbillo; y a los Dystric Eutrudepts, suelos Capirona y Palmera. De igual manera, en los

Dystrudepts, el carácter fluvéntico, Fluventic Dystrudepts, suelos Horizonte, Colina, Shebon, Santa Rosa, Uvilla y Mohena y la no existencia de otra característica diferenciativa a los Typic Dystrudepts, suelos Libertad, Tornillo y Sargento.

- Para los Ultisols, al no presentar características particulares diferenciativas dentro de su régimen de humedad en la cual se ha desarrollado, exhibe éstos un carácter háplic dentro de los Udults, por lo que se trataría de suelos perteneciente al Gran grupo de los Hapludults (suelos Cedro, Caoba y Pijuayo).
- En los Ultisols, suelos con un desarrollo muy avanzado, la diferenciación en la zona está determinada por el espesor del horizonte argílico; los Inceptic Hapludults, suelo Cedro con horizonte argílico menor de 25 cm. y los Typic Hapludults, suelo Caoba y Pijuayo.
- El valor “n” para todos los suelos es menor de 0.7, lo que demuestra la presencia de buenas condiciones para el soporte y tránsito de carga en su superficie, y no existe la posibilidad de presencia de encharcamiento o lámina de agua en ellos.
- La densidad aparente es una característica importante en estos suelos. La mayoría de ellos muestran valores que no guardan una estrecha relación con la textura, siendo sus valores generalmente más altos. La compactación producida por la presión que ejercen los estratos superiores contra los inferiores disminuye el volumen incrementando la densidad. Por otro lado, la eluviación de la arcilla que va ingresando a los macroporos y microporos incrementa la masa e incrementa la densidad.
- El origen y desarrollo de los suelos está relacionado con su composición mineralógica al ser este producto de la meteorización de las rocas. La juventud del suelo Nejilla, está indicado por la presencia de altos valores de Illíta, una arcilla derivada por alteración de las micas, la escasa transformación de la albita y la presencia de rutilo (óxido de Titanio) este último por el proceso erosivo de los ríos.

- Solo el suelo Santa Rosa exhibe una mineralogía Esmeclítica, mientras los otros presentan mineralogía mezclada.
- En los Inceptisols, su desarrollo está asociado a la transformación de la albita “un feldespató” en montmorillonita, para después meteorizarse en una caolinita (arcilla 1:1) todo este proceso se da debido a las altas temperaturas y precipitación existente en la zona. Los más jóvenes dentro de este orden presentan altos valores de albita y bajos de caolinita, suelos Palmera y Capirona (Dystric Eutrudepts); en los de desarrollo intermedio los valores de albita se hacen más bajo incrementándose los de caolinita, suelos Shimbillo (Dystric Fluventic Eutrudepts) y en los más desarrollados, la albita desaparece, edafizándose totalmente y la arcilla caolinita se incrementa, suelos Horizonte, Colina, Shebon, Santa Rosa, Uvilla y Mohena todos ellos Fluventic Dystrudepts y los suelos Libertad, Tornillo y Sargento, todos estos Typic Dystrudepts. El suelo Huasai es el único que no cumple con estas características.
- En los Ultisols, por otro lado, su desarrollo está asociado a la presencia de la arcilla caolinita, y la albita ha desaparecido totalmente. Valores más altos de esta arcilla está asociado a su mayor desarrollo, suelo Cedro (Inceptic Hapludults), y algo menos en los suelos Caoba y Pijuayo, ambos Typic Hapludults.
- El rutilo (Oxido de Titanio) indica, en muchos casos, la antigüedad de los suelos. Al respecto, los más antiguos son los suelos Huasai, Colina, Sargento y Santa Rosa dentro de los Inceptisols y el suelo Pijuayo dentro de los Ultisols. Sin embargo, la presencia del rutilo en zonas de terrazas medias y bajas, suelos Shimbillo y Nejilla, proviene de los procesos erosivos de las zonas altas por la acción de las lluvias y los ríos. El suelo Shimbillo (Inceptisols) y el suelo Nejilla (Entisols) se desarrollaron sobre los materiales procedentes de los suelos Palmera y Capirona.
- Las cargas permanentes y las cargas variables suman el total de la capacidad de intercambio catiónico. En los suelos Tornillo, Colina, Caoba, Mohena, Cedro, Horizonte, Uvilla, Sargento, Huasai, Shimbillo, Libertad y Santa Rosa, las cargas permanentes de sus arcillas determinan la CIC. En los suelos Palmeras y Pijuayo

las cargas dependientes del pH es generado por la materia orgánica. Mientras los suelos Shebon, Capirona y Nejilla se observa ambos procesos.

- La actividad de estas cargas (capacidad para enlazar nutrientes) es diferenciativa en los suelos. En mayor en los suelos Nejilla, Palmera, Shimbillo, Sargento, Mohena, Shebon y Capirona, **Superactiva**, intermedia en los suelos Colina, Horizonte, Uvilla, Cedro, Huasai, Libertad, Santa Rosa y Tornillo, **Activa**; y menor en los suelos Caoba y Pijuayo, **Semiactiva**.
- A nivel Taxonómico se diferenciaron quince familias de suelos de acuerdo a su clase de tamaño de partículas, mineralogía, por la actividad de intercambio catiónico, de estas se derivaron diecisiete series de suelos determinados por las características inherentes del pedón tales como la textura y el color del suelo.
- Se identificó tres niveles de susceptibilidad de la tierra: **la ligera**, que ocupa el menor porcentaje (5.17%), se presenta en terrazas medias con pendientes menores a 8 %, con una muy buena cobertura boscosa y elevada estabilidad de su material geológico; **la moderada**, presenta un mayor porcentaje (79.12%), presenta una clase textural gruesa a moderadamente gruesa con pendientes que van de 8 a 25 % y se correlaciona con unidades geológicas de baja estabilidad (Depósitos aluviales recientes) y con unidades geológicas de moderada estabilidad (Formación Ipururo); **la fuerte**, su limitante es la pendiente superior al 25 %, lo cual acentúa su susceptibilidad por las altas precipitaciones que se producen en la zona.

## VI. RECOMENDACIONES

- Realizar la interpretación de las series de suelos hacia la Clasificación de Tierras por su Capacidad de Uso Mayor para determinar el potencial agrícola, forestal y de protección la zona de estudio.
- Los suelos de la zona en estudio son bajos en su fertilidad natural química por lo que es recomendable que las zonas donde se pretenda la incorporación de cultivos agrícolas se añada insumos capaz de suplir las necesidades alimenticias de la planta, y en la más inclinadas donde no es posible la agricultura se mantenga para su protección o de solo uso forestal.
- La selva amazónica peruana aun es un lugar casi inexplorado y se necesita realizar estudios de Levantamientos de Suelos con énfasis en su mineralogía para comprender y entender con mayor eficiencia los procesos que ocurren en ellos y así poder utilizar con mayor eficiencia este recurso natural.
- Se debe crear un centro de investigación o una organización gubernamental o no gubernamental con las mismas funciones de la ONERN para realizar estudios en las zonas de selva y así proteger mejor nuestros recursos naturales en especial el suelo.

## VII. BIBLIOGRAFÍA

- Ara, M. 1996. Agro Ecología, Uso y Potencial del Recurso Tierra en la Región Ucayali. Seminario – Taller “Sistema de Uso de la Tierra: situación Perspectivas Estrategias”. Pucallpa, Perú.
- Boul, S.W., Hole, F.D. y Mc Cracken. 1997. Génesis y Clasificación de suelos. Primera Edición en español. Ed. Trillas S.A. México.
- Bensoain, E. 1970. Mineralogía de Suelos Curso. Instituto Interamericano de Ciencia Agrícola de la OEA. Centro de Enseñanza e Investigación Tropical. Torrialba – Costa Rica. Pag. 233 – 293.
- Cuartero, A. Felicísimo A., 2003, Rectificación y ortorectificación de imágenes de satélite: análisis comparativo y discusiones. Geofocus, vol. 3, pp: 45-58.
- Cochrane, T.T., y P.A. Sanchez. 1982. Recursos de Tierras, Suelo y su Manejo en la Región Amazónica. Informe acerca del estado de conocimientos. En Amazonia: Investigación sobre Agricultura y Uso de Tierras. CIAT 035 – 4 (82). 141 – 218 Pág.
- Cortez, L. 1976. Taxonomía de los Suelos y Criterios para la Clasificación de Suelos en las Tres Categorías Superiores de Soil Taxonomy. Ministerio de Hacienda y Crédito Público. Sub Dirección de Agrología e Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Vol. XIII 472 Pág. Bogotá, Colombia.
- Dana – Hurlbut. 1960. Manual de Mineralogía. Segunda Edición. Buenos Aires.

- De la Cruz B, Natalio; Zedano C. Julio; et al. 1997. “Geología de los Cuadrángulos de San Roque, Rio Callería, San Lucas, Pucallpa, Nuevo Utiquinia, Cantangallo, y Divisor Yurúa Ucayali”. Boletín N° 102, Serie A: Carta Geologica Nacional. INGEMMET.
- Díaz, Z. E. 2000. Génesis, Morfología y Clasificación de Algunos Suelos de Pucallpa. Tesis para optar el Grado de Magister Science en Suelos. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- D. Foth, Henry. 1990. Fundamentals of Soil Science, Octava edición. Michigan State University. 382 pag.
- FAO, 2009. Guía para la descripción de suelos. Cuarta edición. Traducción Ronald Vargas. 111 pag. Roma.
- Fitzpatrick, E.A. 1985. Suelos. Su Formación, Clasificación y Distribución. Primera Ed. Compañía Editorial Continental S.A. de CV. México.
- Franzmeier, D.P. J.E. Yahner, G.C. Steinhardt, and H.R. Sinclair. 1983. Color Patterns and Water Table Levels in some Indiana Soil. Soil Sci. Sc. Am. J. 47: 1196 – 1202.
- Glave, M; *et al.* Análisis Económico de la carretera Pucallpa – Cruzeiro do Sul. GRADE. Lima – Perú. 2012.
- IGAC. 2009. Génesis y Taxonomía de los Suelos. La Guajira. Colombia. Volumen 5. 28 pag.
- INIPA, 1983. Programa Nacional de Selva: documento base. Lima – Perú.
- INRENA, 1995. Mapa Ecológico del Perú. Guía Explicativa. Segunda Ed. Instituto Nacional de Recursos Naturales. Lima, Perú.

- INTA, 2012. Manual de Fertilidad y Evaluación de Suelos. Ediciones INTA. La Pampa - Argentina.
- Jenny, H. 1941. Factors of Soil Formation. Mc Graw Hill, Book Company Inc. New York, USA.
- Mejía, L. 1980. Conceptos básicos comunes a la pedología y geomorfología. CIAF. Bogotá. 278p.
- MINAM, 2011. Mapa de Vulnerabilidad Física del Perú “Herramienta para la gestión de Riesgo”. Primera edición. Lima – Perú.
- ONERN. 1978. Inventario, Evaluación e Integración de los Recursos Naturales de la Zona de Pucallpa – Abujao. Oficina Nacional de Recursos Naturales. Lima, Perú.
- Pregitzer, K.S., B.V. Branes, and G. Lemne. 1983. Relationship of Topography to Soil and Vegetation in an Upper Michigan Ecosystem. Soil Sci. Am. J. 47: 117.
- Romero Franco, R. et. al; Determinación de familias mineralógicas en suelos sobre rocas graníticas de la provincia de la Coruña. Cuaderno Lab. Xeoloxico de Luxe. Coruñas 1985. Vol. 10 pp. 171-190.
- Rodríguez, A. 1995; El Recurso Suelo en la Amazonia Peruana, diagnóstico para su investigación (Segunda aproximación). Documento Técnico N° 14. IIAP. Iquitos Perú.
- Schaetzl, R; Anderson, S. Soils Genesis and Geomorphology. University Cambridge. United State. 2005.
- Schargel W., R. y Delgado, F. 1990. Características y manejo de los suelos utilizados en la producción de carne en Venezuela. In Plasse, D., Peña de Borsotti, N., eds. VI Curso sobre Bovinos de Carne. FCV-UCV, Maracay. pp. 187-220.

- Soil Survey Staff, 2014; Keys to Soil Taxonomy. Natural Resources Conservation Service. USA. Department of Agriculture. Twelfth Edition. 305 pg.
- Soil Survey Division Staff, 1993; Soil Survey Manual. Soil Conservation Service. U.S. Department of Agriculture Handbook 18. 315 pg.
- Soil Survey Staff, 1975; United States Department of Agriculture. Soil Conservation Service.
- Soil Taxonomy: A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Survey. Soil Survey Staff. Us. Dep. Agric. Handbook. 436 Pág.
- Vásquez, Francisco y Tapia Raúl; Edafología y Climatología Forestal; Universidad de Huelva; España; 2005.
- White, A. F., Blum, A. E., Bullen, T. D., et al. 1999. The effect of temperature on experimental and natural chemical weathering rates of granitoid rocks. *Geochim. Cosmochim. Acta* 63: 3277–3291.
- Zavaleta, A. 1974. Contribution to the Knowledge of the Soils of Peru. Thesis Doctor in Wetenschappen. Rijsuniversiteit Gent. Bélgica.

## VIII. ANEXO

## **ANEXO I: PERFILES MODALES**

## Suelo Nejilla - Calicata N° 42

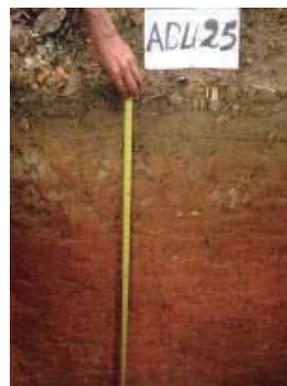
Ubicación	:	Sargento Lorens
Clasificación	:	Typic Udifluvents
Fisiografía	:	Terraza baja
Altitud (msnm)	:	171.5
Relieve	:	Plano
Pendiente	:	2 - 4%
Material Parental	:	Aluvial reciente
Drenaje	:	Moderado
Vegetación	:	Purma
Horizonte Diagnóstico	:	Ócrico
Régimen de Humedad	:	Údico
Régimen de Temperatura	:	Isohypertérmico



<u>Hor.</u>	<u>Prof. (cm)</u>	<u>Descripción</u>
A	00-02	Franco; color gris muy oscuro (7.5YR 3/1) en húmedo; estructura granular; medio, moderado; consistencia friable; reacción muy fuertemente ácida (pH 4.93); contenido alto de materia orgánica (7.47%); presencia de raíces finas, abundantes. Límite de horizonte abrupto al;
AC	02-16	Franco; color pardo (7.5YR 4/2) en húmedo; estructura granular, medio, moderado; consistencia muy firme; reacción muy fuertemente ácida (pH 5.05); contenido alto de materia orgánica (4.44%); presencia de raíces medias, pocas. Límite de horizonte difuso al;
C	16-32	Franco; color pardo oscuro (7.5YR 4/4) en húmedo; sin estructura, masiva; consistencia firme; de reacción muy fuertemente ácida (pH 4.93); contenido bajo de materia orgánica (1.01%). Límite de horizonte difuso al;
2C	32-81	Arena franca; color pardo amarillento claro (10YR 6/4) en húmedo; sin estructura, grano simple; consistencia suelta; reacción fuertemente ácida (pH 5.14); contenido bajo de materia orgánica (0.47%). Límite de horizonte difuso al;
3C	81-108	Franco; color gris claro (10YR 7/2) en húmedo; sin estructura, masiva; consistencia muy firme; presencia de moteaduras al 20%, color rojo amarillento (5YR 5/6); reacción muy fuertemente ácida (pH 5.01); contenido bajo de materia orgánica (1.08%).

## Suelo Huasai - Calicata N° 25

Ubicación	:	Caserío La Libertad
Clasificación	:	Dystric Fluventic Eutrudepts
Fisiografía	:	Colina baja cuaternario
Altitud (msnm)	:	212.2
Relieve	:	Ligeramente disectado
Pendiente	:	15 a 25%
Material Parental	:	Residual
Drenaje	:	Bueno
Vegetación	:	Bosque secundario
Horizonte Diagnóstico	:	Ócrico; Cámbico
Régimen de Humedad	:	Údico
Régimen de Temperatura	:	Isohypertérmico



<u>Hor.</u>	<u>Prof. (cm)</u>	<u>Descripción</u>
A	00-07	Franco arenoso; color pardo amarillento oscuro (10YR 4/4) en húmedo; estructura granular, muy fino, débil; consistencia muy friable; presencia de raíces, finas, gruesos, comunes; reacción fuertemente ácida (pH 5.14); contenido alto de materia orgánica (5.79%). Límite de horizonte claro al;
BA	07-14	Franco arenoso; color pardo fuerte (7.5YR 4/6) en húmedo; estructura bloques subangulares, medio, moderado; consistencia firme; presencia de raíces gruesas, pocas; reacción fuertemente ácida (pH 5.35); contenido bajo de materia orgánica (1.95%). Límite de horizonte claro al;
Bw1	14-30	Franco arcillo arenoso; color rojo amarillento (5YR 5/6) en húmedo; estructura bloques subangulares, medio, fuerte; consistencia muy firme; presencia de raíces finas, pocas; reacción muy fuertemente ácida (pH 4.93); contenido bajo de materia orgánica (1.41%). Límite de horizonte difuso al;
Bw2	30-51	Arcillo arenoso; color rojo (2.5YR 5/8) en húmedo; estructura bloques subangulares, medio, moderado; consistencia friable; presencia de raíces finas, pocas; reacción muy fuertemente ácida (pH 4.74); contenido bajo de materia orgánica (1.01%). Límite de horizonte difuso al;
Bw3	51-82	Arcillo arenoso; color rojo amarillento (5YR 5/8) en húmedo; estructura bloques subangulares, fino, débil; consistencia friable; presencia de raíces finos, pocos; reacción muy fuertemente ácida (pH 4.75); contenido bajo de materia orgánica (0.47%). Límite de horizonte difuso al;
C	82-145	Franco arcilloso; color amarillo rojizo (5YR 6/8) en húmedo; sin estructura, masiva; consistencia firme; reacción muy fuertemente ácida (pH 4.82); contenido bajo de materia orgánica (0.4%).

### Suelo Shimbillo - Calicata N° 36

Ubicación	:	Caserío 28 de julio
Clasificación	:	Dystric Fluventic Eutrudepts
Fisiografía	:	Terraza Media
Altitud (msnm)	:	185.7
Relieve	:	Ondulado
Pendiente	:	4-8%
Material Parental	:	Aluvial subreciente
Drenaje	:	Bueno
Vegetación	:	Bosque Primario
Horizonte Diagnóstico	:	Ócrico; Cámbico
Régimen de Humedad	:	Údico
Régimen de Temperatura	:	Isohypertérmico



<u>Hor.</u>	<u>Prof. (cm)</u>	<u>Descripción</u>
A	00-06	Franco; color pardo amarillento (10YR 5/4) en húmedo; estructura granular, fino, moderado; consistencia friable; presencia de raíces, finas, abundante; reacción extremadamente ácida (pH 4.24); contenido alto de materia orgánica (10.06%). Límite de horizonte claro al;
BA	06-15	Franco; color pardo (10YR 5/3) en húmedo; estructura bloques subangulares, medio, moderado; consistencia friable; presencia de raíces finas, medias, pocas; reacción extremadamente ácida (pH 4.49); contenido alto de materia orgánica (4.19%). Límite de horizonte gradual al;
Bw	15-40	Franco; color pardo amarillento (10YR 5/6) en húmedo; estructura bloques subangulares, fino, moderado; consistencia firme; presencia de raíces medio, pocas; reacción muy fuertemente ácida (pH 4.9); contenido bajo de materia orgánica (1.3%). Límite de horizonte difuso al;
C1	40-73	Franco; color pardo muy pálido (10YR 7/4) en húmedo; sin estructura, masiva; consistencia firme; reacción muy fuertemente ácida (pH 4.97); contenido bajo de materia orgánica (0.96%). Límite de horizonte difuso al;
C2	73-149	Arcilla; color gris claro (10YR 7/1) en húmedo; sin estructura, masiva; consistencia muy firme; reacción muy fuertemente ácida (pH 4.9); contenido bajo de materia orgánica (1.03%).

## Suelo Capirona - Calicata N° 69

Ubicación	:	Caserío La Libertad
Clasificación	:	Dystric Eutrudepts
Fisiografía	:	Colinas bajas terciario
Altitud (msnm)	:	230
Relieve	:	Ligeramente disectado
Pendiente	:	15 - 25%
Material Parental	:	Residual
Drenaje	:	Moderada
Vegetación	:	Bosque primario
Horizonte Diagnóstico	:	Ócrico; Cámbico
Régimen de Humedad	:	Údico
Régimen de Temperatura	:	Isohypertérmico



<u>Hor.</u>	<u>Prof. (cm)</u>	<u>Descripción</u>
A	00-05	Franco arenoso; color pardo rojizo oscuro (5YR 3/3) en húmedo; estructura granular, medio, débil; consistencia muy friable; presencia de raíces finas, gruesas, abundantes; reacción muy fuertemente ácida (pH 4.97); contenido alto de materia orgánica (9.62%). Límite de horizonte claro al;
BA	05-33	Franco; color pardo amarillento (10YR 5/4) en húmedo; estructura bloques subangular fino, débil; consistencia firme; presencia de raíces gruesas, medias, poco; reacción muy fuertemente ácida (pH 4.75); contenido bajo de materia orgánica (1.41%). Límite de horizonte difuso al;
Bw1	33-43	Franco arenoso; color pardo amarillento (10YR 5/6) en húmedo; estructura bloques subangulares medio, débil; consistencia firme; presencia de raíces finas, poco; reacción muy fuertemente ácida (pH 4.74); contenido bajo de materia orgánica (0.67%). Límite de horizonte difuso al;
Bw2	43-86	Franco; color pardo amarillento (10YR 5/6) en húmedo; estructura bloques subangulares medio, débil; consistencia friable; reacción fuertemente ácida (pH 5.19); contenido bajo de materia orgánica (0.47%). Límite de horizonte difuso al;
C	86-100	Arena; color pardo amarillento (10YR 5/4) en húmedo; sin estructura, grano simple; consistencia suelta; reacción muy fuertemente ácida (pH 4.77); contenido bajo de materia orgánica (0.40%).

### Suelo Palmera - Calicata N° 34

Ubicación	:	La Libertad
Clasificación	:	Dystric Eutrudepts
Fisiografía	:	Colina baja terciario
Altitud (msnm)	:	269
Relieve	:	Fuertemente disectado
Pendiente	:	50 - 75%
Material Parental	:	Residual
Drenaje	:	Moderado
Vegetación	:	Bosque primario
Horizonte Diagnóstico	:	Ócrico; Cámbico
Régimen de Humedad	:	Údico
Régimen de Temperatura	:	Isohypertérmico



<u>Hor.</u>	<u>Prof. (cm)</u>	<u>Descripción</u>
A	00-21	Franco arcilloso; color gris pardusco claro (10YR 6/2) en húmedo; estructura granular fino, moderado; consistencia firme; presencia de raíces finas, medias, normal; reacción muy fuertemente ácida (pH 4.61); contenido bajo de materia orgánica (1.17%). Límite de horizonte difuso al;
Bw	21-35	Franco arcilloso; color gris claro (10YR 7/2) en húmedo; estructura bloques subangulares fino, moderado; consistencia firme; presencia de raíces finas, medias, normal; reacción muy fuertemente ácida (pH 4.56); contenido bajo de materia orgánica (0.48%). Límite de horizonte difuso al;
C1	35-81	Arcilla; color gris claro (10YR 7/1) en húmedo; sin estructura, masiva; consistencia firme; reacción muy fuertemente ácida (pH 4.8); contenido bajo de materia orgánica (0.07%). Límite de horizonte difuso al;
C2	81-155	Arcilla; color rojo amarillento (10YR 5/8) en húmedo; sin estructura, masiva; consistencia firme; reacción fuertemente ácida (pH 5.14); contenido bajo de materia orgánica (0.07%).

## Suelo Horizonte - Calicata N° 48

Ubicación	:	Sargento Lorens
Clasificación	:	Fluventic Dystrudepts
Fisiografía	:	Terraza Alta
Altitud (msnm)	:	197.3
Relieve	:	Disectado
Pendiente	:	4-8%
Material Parental	:	Aluvial antiguo
Drenaje	:	Moderado
Vegetación	:	Purma
Horizonte Diagnóstico	:	Ócrico; Cámbico
Régimen de Humedad	:	Údico
Régimen de Temperatura	:	Isohypertérmico



<u>Hor.</u>	<u>Prof. (cm)</u>	<u>Descripción</u>
A	00-23	Arena Franca; color rojo amarillento (5YR 5/8) en húmedo; estructura granular; fino, débil; consistencia muy friable; presencia de raíces finas, comunes; reacción extremadamente ácida (pH 4.03); contenido medio de materia orgánica (2.56%). Límite de horizonte difuso al;
Bw	23-87	Franco arenoso; color rojo (2.5YR 5/8) en húmedo; estructura bloques subangulares, medio, débil; consistencia muy friable; presencia de raíces medias, pocas; reacción muy fuertemente ácida (pH 4.58); contenido bajo de materia orgánica (1.35%). Límite de horizonte difuso y suave al;
C1	87-103	Franco arenoso; color rojo (2.5YR 4/8) en húmedo; sin estructura, masiva; consistencia muy firme; presencia de gravas finas al 5%; reacción extremadamente ácida (pH 4.12); contenido bajo de materia orgánica (0.47%). Límite de horizonte difuso y suave al;
C2	103-+	Franco arenoso; color rojo oscuro (2.5YR 3/6) en húmedo; sin estructura, masiva; consistencia extremadamente firme; presencia de moteaduras al 20%, color pardo amarillento (10YR 5/4); presencia de gravas finas al 5%; reacción extremadamente ácida (pH 4.28); contenido bajo de materia orgánica (0.47%).

### Suelo Colina - Calicata N° 35

Ubicación	:	La Libertad
Clasificación	:	Fluventic Dystrudepts
Fisiografía	:	Colina baja terciario
Altitud (msnm)	:	258.1
Relieve	:	Ligeramente disectado
Pendiente	:	15 - 25%
Material Parental	:	Residual
Drenaje	:	Bueno
Vegetación	:	Bosque primario
Horizonte Diagnóstico	:	Ócrico; Cámbico
Régimen de Humedad	:	Údico
Régimen de Temperatura	:	Isohypertérmico



<u>Hor.</u>	<u>Prof. (cm)</u>	<u>Descripción</u>
A	00-10	Franco arenoso; color pardo rojizo (5YR 4/4) en húmedo; estructura granular fino, débil; consistencia muy friable; presencia de raíces finas, medias, gruesas, abundantes; reacción extremadamente ácida (pH 3.84); contenido alto de materia orgánica (6.82%). Límite de horizonte claro al;
BA	10-23	Franco arenoso; color pardo amarillento (10YR 5/6) en húmedo; estructura bloques subangulares fino, débil; consistencia muy friable; presencia de raíces gruesas, pocas; reacción extremadamente ácida (pH 3.92); contenido bajo de materia orgánica (0.96%). Límite de horizonte difuso al;
Bw1	23-48	Franco arenoso; color pardo amarillento oscuro (10YR 4/4) en húmedo; estructura bloques subangulares medio, moderado; consistencia firme; presencia de raíces gruesas, pocas; reacción extremadamente ácida (pH 4.27); contenido bajo de materia orgánica (0.65%). Límite de horizonte difuso al;
Bw2	48-68	Franco arcillo arenoso; color pardo oscuro (10YR 4/3) en húmedo; estructura bloques subangulares medio, fuerte; consistencia firme; presencia de raíces finas, pocas; reacción extremadamente ácida (pH 4.26); contenido bajo de materia orgánica (0.34%). Límite de horizonte difuso al;
C1	68-102	Franco arcillo arenoso; color rojo (2.5YR 5/8) en húmedo; sin estructura, masiva; consistencia firme; reacción extremadamente ácida (pH 4.39); contenido bajo de materia orgánica (0.62%). Límite de horizonte difuso al;
C2	102-165	Franco arcillo arenoso; color rojo (2.5YR 4/8) en húmedo; sin estructura, masiva; consistencia firme; reacción muy fuertemente ácida (pH 4.58); contenido bajo de materia orgánica (0.34%).

### Suelo Shebon - Calicata N° 63

Ubicación	:	Caserío Santa Rosa de Abujao
Clasificación	:	Fluventic Dystrudepts
Fisiografía	:	Terraza media
Altitud (msnm)	:	184.4
Relieve	:	Disectado
Pendiente	:	4-8 %
Material Parental	:	Aluvial subreciente
Drenaje	:	Bueno
Vegetación	:	Purma
Horizonte Diagnóstico	:	Ócrico, Cámbico
Régimen de Humedad	:	Údico
Régimen de Temperatura	:	Isohypertérmico



<u>Hor.</u>	<u>Prof. (cm)</u>	<u>Descripción</u>
A	00 - 28	Franco arenoso; color pardo rojizo (5YR 4/4) en húmedo; estructura granular, media, débil; consistencia muy friable; presencia de raíces finas y media, común; reacción extremadamente ácida (pH 3.83); contenido medio de materia orgánica (2.62%). Límite de horizonte difuso al;
Bw	28 - 55	Franco arenoso; color pardo fuerte (7.5YR 5/6) en húmedo; estructura bloques subangulares, fino, moderado; consistencia muy friable; presencia de raíces finas y media, poco; reacción extremadamente ácida (pH 4.12); contenido medio de materia orgánica (2.44%). Límite de horizonte difuso al;
C	55 - 150	Franco arcillo arenoso; color rojo amarillento (5YR 5/8) en húmedo; sin estructura, masiva; consistencia firme; sin presencia de raíces; reacción extremadamente ácida (pH 4.40); contenido bajo de materia orgánica (0.74%).

### Suelo Santa Rosa - Calicata N° 32

Ubicación	:	Caserío 28 de julio
Clasificación	:	Fluventic Dystrudepts
Fisiografía	:	Terraza Media
Altitud (msnm)	:	199.2
Relieve	:	Ondulado
Pendiente	:	4-8 %
Material Parental	:	Aluvial subreciente
Drenaje	:	Bueno
Vegetación	:	Purma
Horizonte Diagnóstico	:	Ócrico; Cámbico
Régimen de Humedad	:	Údico
Régimen de Temperatura	:	Isohypertérmico



<u>Hor.</u>	<u>Prof. (cm)</u>	<u>Descripción</u>
A	00-06	Franco arenoso; color pardo amarillento (10YR 5/6) en húmedo; estructura granular, fino, débil; consistencia muy friable; presencia de raíces finas, abundantes; reacción extremadamente ácida (pH 3.92); contenido alto de materia orgánica (6.68%). Límite de horizonte claro al;
AB	06-56	Franco arcillo arenoso; color pardo fuerte (7.5YR 5/8) en húmedo; estructura granular, medio, moderado; consistencia muy friable; presencia raíces gruesas, pocas; reacción extremadamente ácida (pH 4.11); contenido bajo de materia orgánica (0.75%). Límite de horizonte difuso al;
Bw	56-84	Franco arcilloso; color pardo fuerte (7.5YR 5/6) en húmedo; estructura bloques subangulares, fino, débil; consistencia friable; reacción extremadamente ácida (pH 4.29); contenido bajo de materia orgánica (0.27%). Límite de horizonte difuso al;
C	84-168	Arcilla; color rojo amarillento (5YR 5/8) en húmedo; sin estructura, masiva; consistencia firme; reacción extremadamente ácida (pH 4.42); contenido bajo de materia orgánica (0.82%).

### Suelo Uvilla - Calicata N° 08

Ubicación	:	Caserío 24 de setiembre
Clasificación	:	Fluventic Dystrudepts
Fisiografía	:	Terraza media
Altitud (msnm)	:	195.6
Relieve	:	Ondulado
Pendiente	:	4 - 8%
Material Parental	:	Aluvial subreciente
Drenaje	:	Bueno
Vegetación	:	Bosque secundario, Purmas
Horizonte Diagnóstico	:	Ócrico, Cámbico
Régimen de Humedad	:	Údico
Régimen de Temperatura	:	Isohypertérmico



<u>Hor.</u>	<u>Prof. (cm)</u>	<u>Descripción</u>
A	00-22	Franco; de color pardo fuerte (7.5YR 5/8) en húmedo; estructura granular fino, débil; consistencia friable; presencia de raíces grueso, poco; reacción extremadamente ácida (pH 3.84); contenido medio de materia orgánica (3.16%); límite de horizonte gradual al;
Bw	22-72	Franco; de color amarillo rojizo (7.5YR 6/8) en húmedo; de estructura bloques subangulares, medio, moderado; de consistencia firme; presencia de raíces finas, pocas; reacción extremadamente ácida (pH 4.11); contenido bajo de materia orgánica (1.41%). Límite de horizonte difuso al;
C	72-120	Franco arcilloso; de color amarillo (10YR 7/8) en húmedo; sin estructura, masiva; de consistencia firme; reacción extremadamente ácida (pH 4.38); contenido bajo de materia orgánica (0.54%).

## Suelo Mohena - Calicata N° 45

Ubicación	:	Caserío Bello Horizonte
Clasificación	:	Fluventic Dystrudepts
Fisiografía	:	Terrazas Altas
Altitud (msnm)	:	183.6
Relieve	:	Disectado
Pendiente	:	4-8%
Material Parental	:	Aluvial antiguo
Drenaje	:	Bueno
Vegetación	:	Bosque primario
Horizonte Diagnóstico	:	Ócrico; Cámbico
Régimen de Humedad	:	Údico
Régimen de Temperatura	:	Isohypertérmico



<u>Hor.</u>	<u>Prof. (cm)</u>	<u>Descripción</u>
A	00 - 06	Franco; color pardo oscuro (7.5YR 3/3) en húmedo; estructura granular grueso, moderado; consistencia firme; presencia de raíces finas, medias y gruesas, común; reacción extremadamente ácida (pH 4.3); contenido alto de materia orgánica (9.69%). Límite de horizonte difuso al;
AB	06 - 20	Franco arenoso; color pardo oscuro (7.5YR 4/4) en húmedo; estructura granular grueso, moderado; consistencia firme; presencia de raíces finas, poco; reacción extremadamente ácida (pH 4.34); contenido alto de materia orgánica (6.19%). Límite de horizonte difuso al;
Bw	20 - 48	Franco arcillo arenoso; color rojo amarillento (5YR 5/6) en húmedo; estructura bloques subangulares medio, moderado; consistencia firme; presencia de raíces, medias, poco; reacción extremadamente ácida (pH 4.36); contenido medio de materia orgánica (2.96%). Límite de horizonte difuso al;
BC	48 - 80	Arcilla; color rojo (2.5YR 5/8) en húmedo; estructura bloques subangulares gruesos, moderado; consistencia firme; presencia de raíces finas, poco; reacción extremadamente ácida (pH 4.44); contenido bajo de materia orgánica (1.08%). Límite de horizonte claro al;
C1	80 - 130	Arcilla; color rojo amarillento (5YR 5/8) en húmedo; sin estructura, masiva; consistencia adhesiva; sin presencia de raíces; reacción muy fuertemente ácida (pH 4.52); contenido bajo de materia orgánica (1.68%). Límite de horizonte claro al;
C2	130 - 180	Franco arcilloso; color blanco (10YR 8/2) en húmedo; moteaduras rojo oscuro (2.5YR 3/6) al 30%; sin estructura, masiva; consistencia adhesiva; sin presencia de raíces; reacción muy fuertemente ácida (pH 4.57); contenido bajo de materia orgánica (0.54%).

## Suelo Libertad - Calicata N° 26

Ubicación	:	Caserío La Libertad
Clasificación	:	Typic Dystrudepts
Fisiografía	:	Colina baja cuaternario
Altitud (msnm)	:	228.4
Relieve	:	Moderadamente disectado
Pendiente	:	25 – 50%
Material Parental	:	Residual
Drenaje	:	Bueno
Vegetación	:	Bosque secundario
Horizonte Diagnóstico	:	Ócrico; Cámbico
Régimen de Humedad	:	Údico
Régimen de Temperatura	:	Isohypertérmico



<u>Hor.</u>	<u>Prof. (cm)</u>	<u>Descripción</u>
A	00-40	Franco arenoso; color pardo amarillento (10YR 5/6) en húmedo; estructura granular fino, débil; consistencia muy; presencia de raíces finas, gruesos, abundantes; reacción muy fuertemente ácida (pH 4.66); contenido bajo de materia orgánica (1.35%). Límite de horizonte difuso al;
AB	40-69	Franco arcillo arenoso; color pardo amarillento oscuro (10YR 4/4) en húmedo; estructura granular, medio, moderado; consistencia friable; presencia de raíces fina, poco; reacción extremadamente ácida (pH 4.15); contenido bajo de materia orgánica (0.67%). Límite de horizonte difuso al;
Bw	69-97	Franco arcillo arenoso; color rojo (2.5YR 5/8) en húmedo; estructura bloques subangulares fino, moderado; consistencia friable; reacción extremadamente ácida (pH 4.35); contenido bajo de materia orgánica (0.47%). Límite de horizonte difuso al;
C	97-168	Franco arcillo arenoso; color rojo amarillento (5YR 5/8) en húmedo; sin estructura, masiva; consistencia firme; reacción extremadamente ácida (pH 4.43); contenido bajo de materia orgánica (0.34%).

## Suelo Tornillo - Calicata N° 15

Ubicación	:	Caserío 28 de Julio
Clasificación	:	Typic Dystrudepts
Fisiografía	:	Colinas bajas
Altitud (msnm)	:	223
Relieve	:	Moderadamente disectado
Pendiente	:	25 - 50%
Material Parental	:	Residual
Drenaje	:	Moderado
Vegetación	:	Bosque primario
Horizonte Diagnóstico	:	Ócrico; Cámbico
Régimen de Humedad	:	Údico
Régimen de Temperatura	:	Isohypertérmico



<u>Hor.</u>	<u>Prof. (cm)</u>	<u>Descripción</u>
A	00 - 34	Arena franca; color amarillo rojizo (7.5YR 6/6) en húmedo; estructura granular fino, débil; consistencia muy friable; presencia de raíces finas y gruesas, común; reacción extremadamente ácida (pH 3.87); contenido bajo de materia orgánica (1.28%). Límite de horizonte difuso al;
AB	34 - 45	Franco arenoso; color pardo fuerte (7.5YR 5/6) en húmedo; estructura granular medio, débil; consistencia friable; presencia de raíces gruesas, poco; reacción extremadamente ácida (pH 4.19); contenido bajo de materia orgánica (0.47%). Límite de horizonte difuso al;
Bw	45 - 65	Franco arcillo arenoso; color rojo amarillento (5YR 5/8) en húmedo; estructura bloques subangulares medio, débil; consistencia friable; presencia de raíces finas, poco; reacción extremadamente ácida (pH 4.31); contenido bajo de materia orgánica (0.34%). Límite de horizonte difuso al;
C	65 - 180	Franco Arcilloso; color rosáceo (5YR 7/4) en húmedo; color de moteaduras rojo oscuro (10R 3/6) al 30%; sin estructura, masiva; consistencia firme; reacción extremadamente ácida (pH 4.38); contenido bajo de materia orgánica (0.27%).

## Suelo Sargento - Calicata N° 30

Ubicación	:	Caserío 28 de julio
Clasificación	:	Typic Dystrudepts
Fisiografía	:	Terraza media
Altitud (msnm)	:	210.8
Relieve	:	Ondulado
Pendiente	:	4 - 8%
Material Parental	:	Aluvial subreciente
Drenaje	:	Moderado
Vegetación	:	Bosque secundario
Horizonte Diagnóstico	:	Ócrico; Cámbico
Régimen de Humedad	:	Údico
Régimen de Temperatura	:	Isohypertérmico



<u>Hor.</u>	<u>Prof. (cm)</u>	<u>Descripción</u>
A	00-09	Arena franca; color pardo amarillento (10YR 5/6) en húmedo; estructura granular fino, débil; consistencia muy friable; presencia de raíces finas, media, abundante; reacción extremadamente ácida (pH 4.25); contenido medio de materia orgánica (3.07%). Límite de horizonte claro al;
AB	09-30	Arena franca; color amarillo pardusco (10YR 6/8) en húmedo; estructura granular, medio, débil; consistencia friable; presencia de raíces fino gruesas, pocas; reacción extremadamente ácida (pH 4.35); contenido bajo de materia orgánica (0.82%). Límite de horizonte difuso al;
Bw	30-72	Franco arenoso; color pardo amarillento (10YR 5/6) en húmedo; estructura bloques subangulares fino, moderado; consistencia friable; presencia de raíces gruesas, pocas; reacción extremadamente ácida (pH 4.37); contenido bajo de materia orgánica (0.55%). Límite de horizonte difuso al;
C1	72-98	Franco arenoso; color amarillo pardusco (10YR 6/8) en húmedo; sin estructura, masiva; consistencia firme; reacción extremadamente ácida (pH 4.42); contenido bajo de materia orgánica (0.34%). Límite de horizonte difuso al;
C2	98-135	Franco arenoso; color amarillo (10YR 7/6) en húmedo; sin estructura, masiva; consistencia muy firme; presencia de gravas finas al 10%; reacción extremadamente ácida (pH 4.47).

## Suelo Cedro - Calicata N° 16

Ubicación	:	La Libertad
Clasificación	:	Inceptic Hapludults
Fisiografía	:	Colina Baja Cuaternario
Altitud (msnm)	:	207.4
Relieve	:	Ligeramente disectado
Pendiente	:	15 - 25%
Material Parental	:	Residual
Drenaje	:	Moderado
Vegetación	:	Bosque primario
Horizonte Diagnóstico	:	Ócrico, Argílico
Régimen de Humedad	:	Údico
Régimen de Temperatura	:	Isohypertérmico



<u>Hor.</u>	<u>Prof. (cm)</u>	<u>Descripción</u>
A	00-42	Franco arenoso; de color pardo fuerte (7.5YR 5/6) en húmedo; estructura granular, muy fino, débil; consistencia muy friable; presencia de raíces finas, gruesas, pocas; reacción extremadamente ácida pH (4.03); contenido medio de materia orgánica (2.22%); límite de horizonte difuso al;
BA	42-95	Franco arcillo arenoso; de color rojo amarillento (5YR 5/8) en húmedo; estructura bloques subangulares, fino, débil; consistencia friable; presencia de raíces finas, medias, pocas; reacción extremadamente ácida pH (4.33); contenido bajo de materia orgánica (1.01%); límite de horizonte difuso al;
Bt	95-116	Arcilloso; de color amarillo rojizo (7.5YR 6/8) en húmedo; estructura bloques subangulares, fino y débil; consistencia friable; presencia de raíces finas, pocas; reacción extremadamente ácida pH (4.46); contenido bajo de materia orgánica (0.34%); límite de horizonte difuso al;
C1	116-139	Franco arcilloso; de color rosado (7.5YR 7/4) en húmedo; sin estructura, masiva; de consistencia firme, moteaduras al 30% color pardo fuerte (7.5YR 5/6) en húmedo; reacción muy fuertemente ácida pH (4.53); contenido bajo de materia orgánica (0.24%); límite de horizonte difuso al;
C2	139-167	Franco arcilloso; de color blanco (10YR 8/2) en húmedo; sin estructura, masiva; consistencia firme; presencia de moteaduras al 30% color pardo amarillento (10YR 5/8) en húmedo; reacción extremadamente ácida pH (4.43); contenido bajo de materia orgánica (0.07%).

## Suelo Caoba - Calicata N° 62

Ubicación	:	Caserío 28 de Julio
Clasificación	:	Typic Hapludults
Fisiografía	:	Colina baja cuaternario
Altitud (msnm)	:	269.9
Relieve	:	Moderadamente disectado
Pendiente	:	25 - 50%
Material Parental	:	Residual
Drenaje	:	Bueno
Vegetación	:	Bosque primario
Horizonte Diagnóstico	:	Ócrico; Argílico
Régimen de Humedad	:	Údico
Régimen de Temperatura	:	Isohypertérmico



<u>Hor.</u>	<u>Prof. (cm)</u>	<u>Descripción</u>
A	00-19	Franco arenoso; color amarillo rojizo (7.5YR 6/6) en húmedo; estructura granular, fino, débil; consistencia muy friable; presencia de raíces finas, poco; reacción extremadamente ácida (pH 4.14); contenido medio de materia orgánica (2.09%). Límite de horizonte difuso al;
AB	19-41	Franco arenoso; color amarillo rojizo (5YR 6/8) en húmedo; estructura granular fino, moderado; consistencia friable; presencia de raíces gruesas, pocas; reacción extremadamente ácida (pH 4.36); contenido bajo de materia orgánica (1.95%). Límite de horizonte difuso al;
Bt	41-118	Franco arcillo arenoso; color rojo (2.5YR 5/8) en húmedo; estructura bloques subangulares, medio, moderado; consistencia friable; presencia de raíces finas, pocas; reacción extremadamente ácida (pH 4.42); contenido bajo de materia orgánica (1.01%). Límite de horizonte difuso al;
C	118-150	Franco arcillo arenoso; color rojo (2.5YR 5/8) en húmedo; sin estructura, masiva; consistencia friable; reacción muy fuertemente ácida (pH 4.5); contenido bajo de materia orgánica (1.01%).

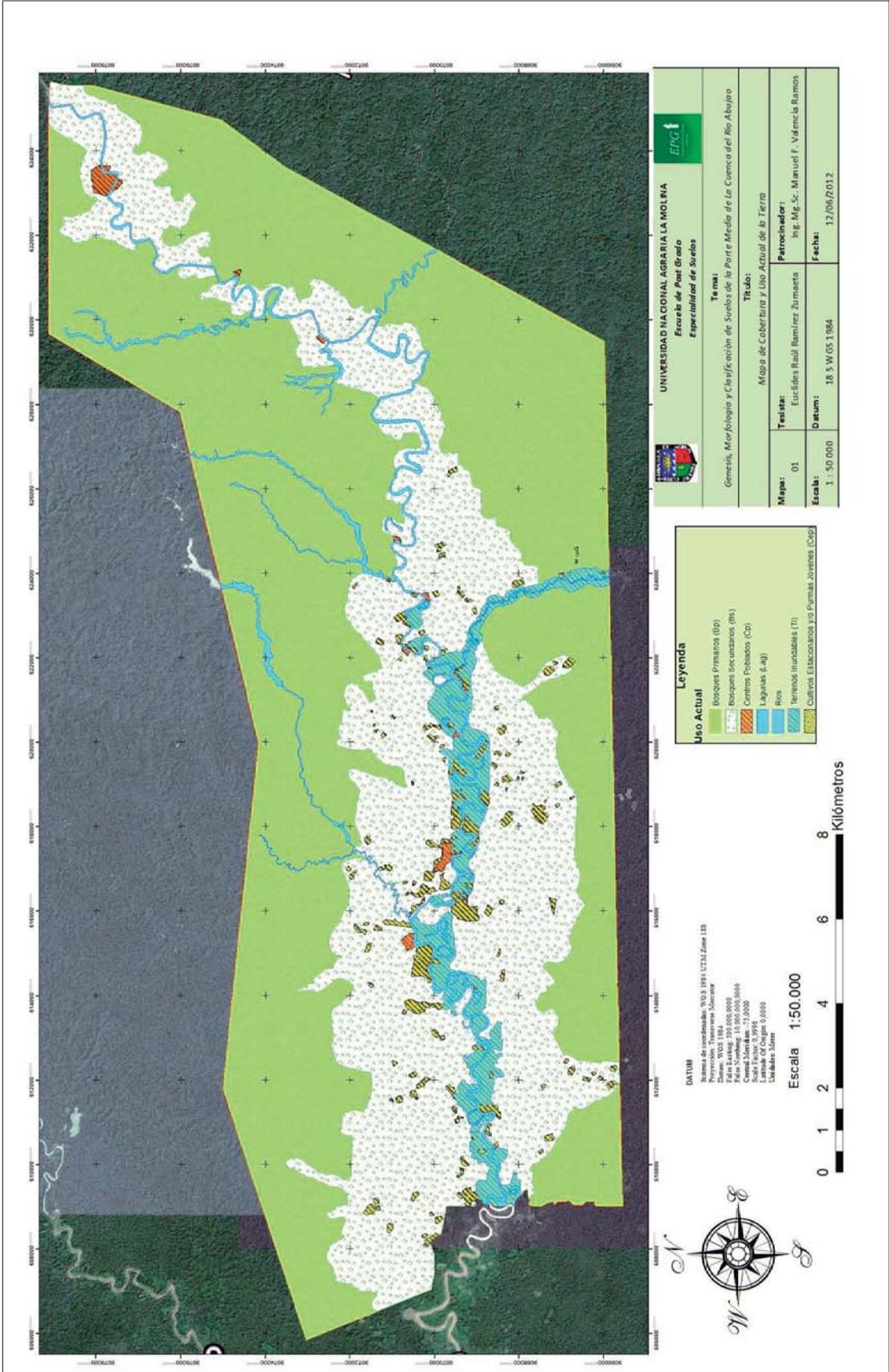
## Suelo Pijuayo - Calicata N° 17

Ubicación	:	Caserío 24 de setiembre
Clasificación	:	Typic Hapludults
Fisiografía	:	Terraza Alta
Altitud (msnm)	:	217
Relieve	:	Disectado
Pendiente	:	4-8%
Material Parental	:	Aluvial antiguo
Drenaje	:	Bueno
Vegetación	:	Bosque secundario
Horizonte Diagnóstico	:	Ócrico; Argílico
Régimen de Humedad	:	Údico
Régimen de Temperatura	:	Isohypertérmico



<u>Hor.</u>	<u>Prof. (cm)</u>	<u>Descripción</u>
A	00-22	Franco arenoso; color pardo fuerte (7.5YR 5/8) en húmedo; estructura granular fino, débil; consistencia muy friable; presencia de raíces finas, medias, pocas; reacción extremadamente ácida (pH 3.72); contenido bajo de materia orgánica (1.55%). Límite de horizonte difuso al;
AB	22-46	Franco; color amarillo rojizo (7.5 YR 7/8) en húmedo; estructura granular, fino, débil; consistencia muy friable; presencia de raíces finas, pocas; reacción extremadamente ácida (pH 4.07); contenido bajo de materia orgánica (1.28%). Límite de horizonte difuso al;
Bt	46-72	Franco; color amarillo rojizo (7.5YR 6/6) en húmedo; estructura bloques subangulares, fino, débil; consistencia firme; presencia de raíces finas, pocas; reacción extremadamente ácida (pH 4.19); contenido bajo de materia orgánica (0.67%). Límite de horizonte difuso al;
C	72-120	Franco arcillo arenoso; color amarillo rojizo (6/8 5YR) en húmedo; sin estructura, masiva; consistencia firme; reacción extremadamente ácida (pH 4.35); contenido bajo de materia orgánica (0.47%).

## **ANEXO II: MAPAS TEMÁTICOS**

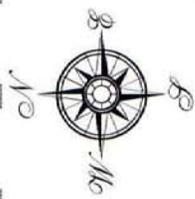


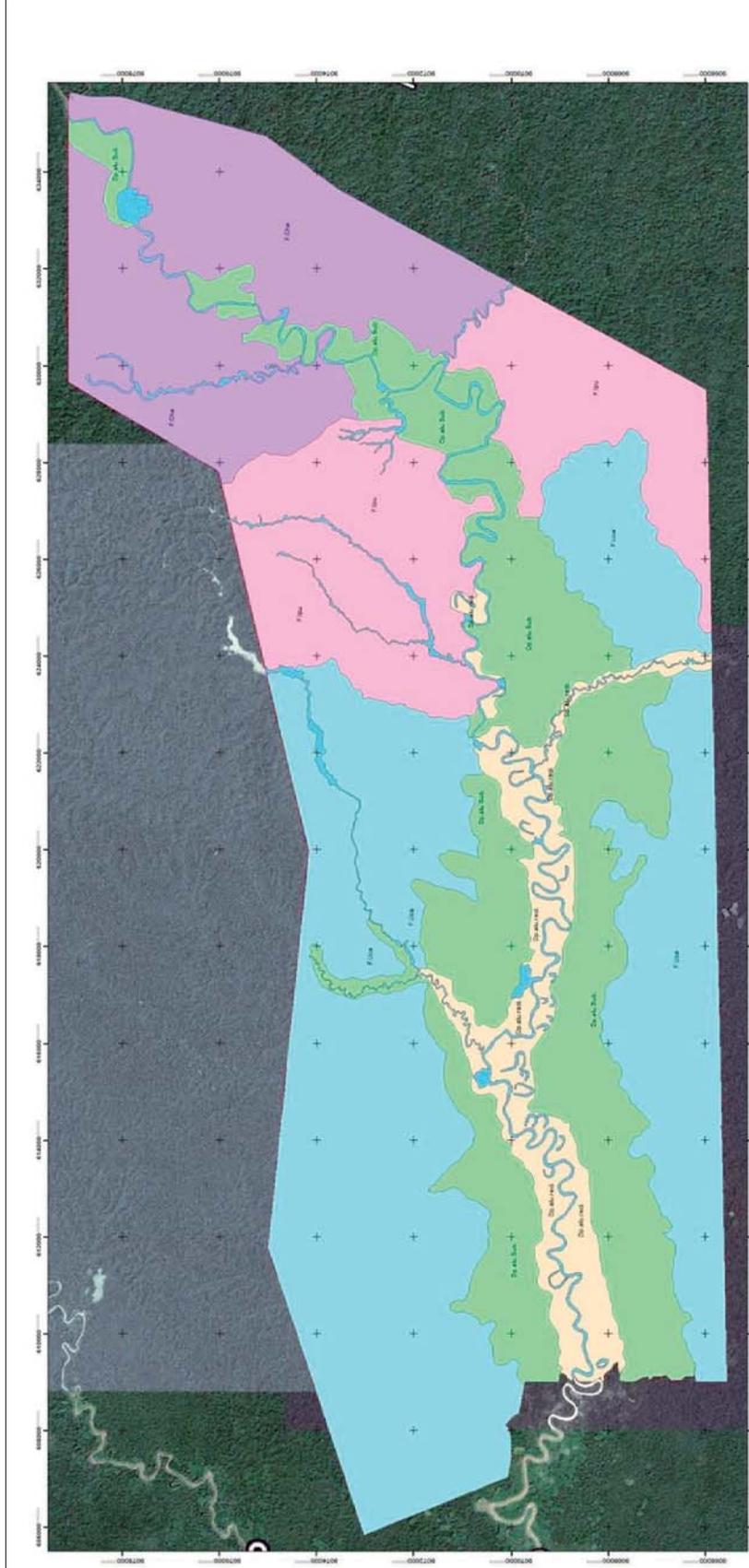
<b>UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</b> Escuela de Post Grado Especialidad de Suelos	
<b>Tema:</b> Genesis, Morfología y Clasificación de Suelos de la Parte Media de la Cuenca del Rio Abujayo	
<b>Título:</b> Mapa de Cobertura y Uso Actual de la Tierra	
<b>Mapa:</b> 01	<b>Patrocinador:</b> Ing. Mg. Sc. Manuel F. Valencia Ramos
<b>Escala:</b> 1 : 50 000	<b>Fecha:</b> 12/06/2012
<b>Datum:</b> 18 S W OS 1984	

Leyenda	
	Bosques Primarios (Bp)
	Bosques Secundarios (Bs)
	Orcheros Pastados (Op)
	Lugares (Lg)
	Pisos
	Terrenos Inutilizables (Ti)
	Cultivos Estacionales y/o Puntas Jovenes (COP)

**DATUM**  
 Sistema de coordenadas WGS 1984 UTM Zone 18S  
 Datum: WGS 1984  
 False Easting: 500 000 000  
 False Northing: 10 000 000  
 Central Meridian: -75 0000  
 Scale Factor: 0,9996  
 Unit: Metro

**Escala 1:50.000**





**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**  
Escuela de Agronomía  
Experiencia de Serbio

**UN**

Tema: **General, Morfología y Clasificación de suelos de la parte media y la Cauce del Rio Abujayo**

Título: **Mapa Geológico**

Mapa: **62**

Trabajo: **Luciles Ibal Ramirez Dumata**

Fecha: **12/06/2012**

Duración: **18.5 WGS 1984**

Escala: **1:50 000**

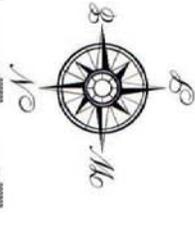
**Leyenda**

EDAD	SISTEMA	SERIE	LITOSTRATIGRÁFICAS	COLORES EN EL MAPA	HA.	ÁMBIC. (%)
Cuaternario	Común	Aluvial	Deposito Aluvial	Light Blue	1350.32	6.34
		Fluvial	Deposito Aluvial	Pink	5467.40	23.02
		Coluvial	Formación Coluvial	Light Green	9833.2	38.88
Paleozoico	Común	Carbonífero	Formación Guano	Purple	3892.6	15.3
		Triásico	Formación Chumbaza	Light Blue	3872.1	15.79
Mioceno	Común	Miós, Lagos y otros	Dark Blue	8192.7	2.49	
<b>TOTAL</b>					<b>34233.3</b>	<b>100.00</b>

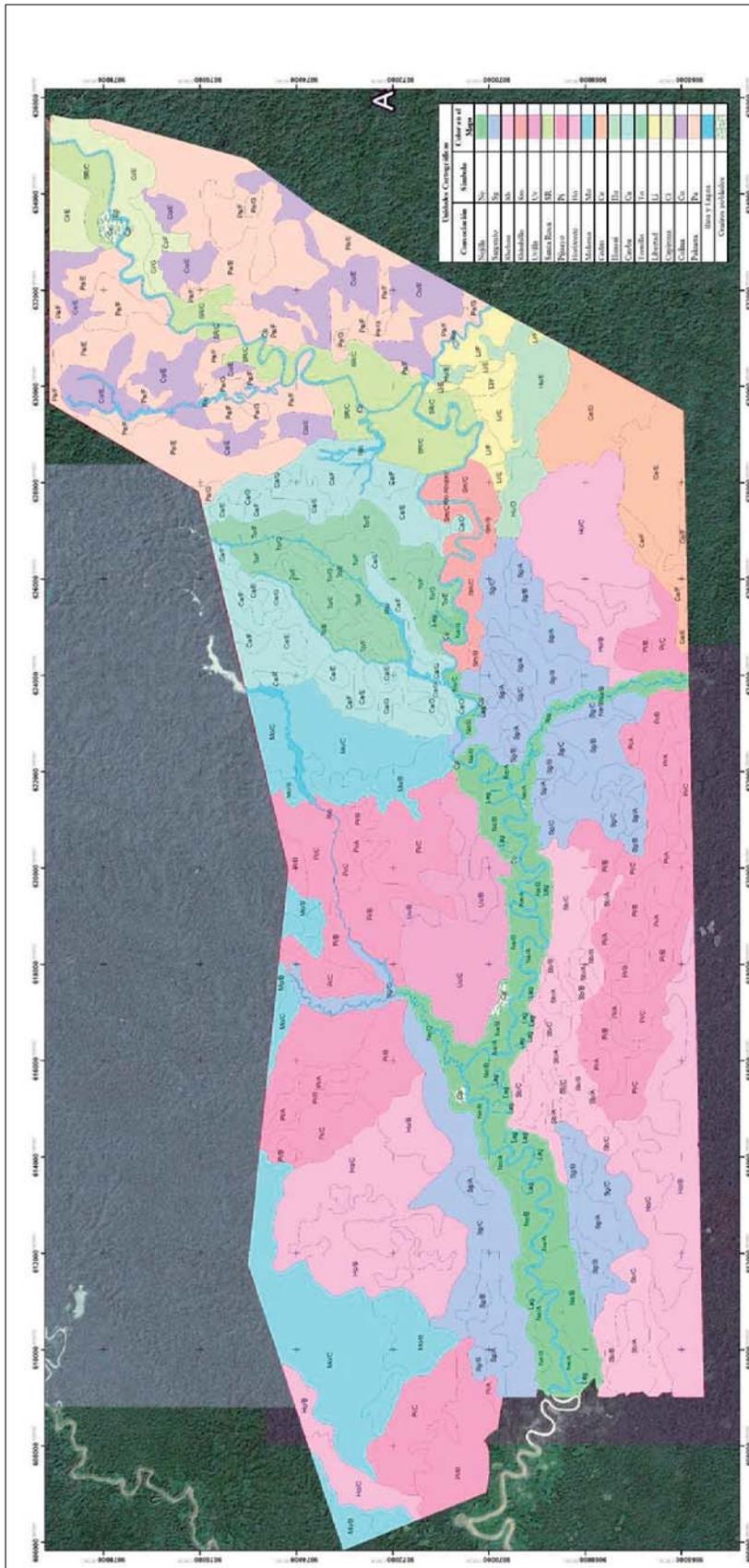
**DATUM**  
Sistema de coordenadas: WGS 1984 UTM Zona 18E  
Datum: WGS 1984  
Falso Easting: 500 000 000  
Falso Northing: 10 000 000  
Central Meridian: 78 5000  
Scale Factor: 0.9994  
Semi-Major Axis: 6378137  
Semi-Minor Axis: 6356755

**Escala 1:50.000**

0 1 2 4 6 8 Kilómetros







**Unidades Cartográficas**

Cartografía	Unidad	Color en el Mapa
MAC	MAC	[Color]
PNC	PNC	[Color]
HAP	HAP	[Color]
...	...	...

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**  
Escuela de Post Grado  
Especialidad de Suelos

**Tema:** Genesis, Morfología y Clasificación de Suelos de la Parte Medio de La Cuenca del Río Abujop

**Título:** Mapa de Suelos

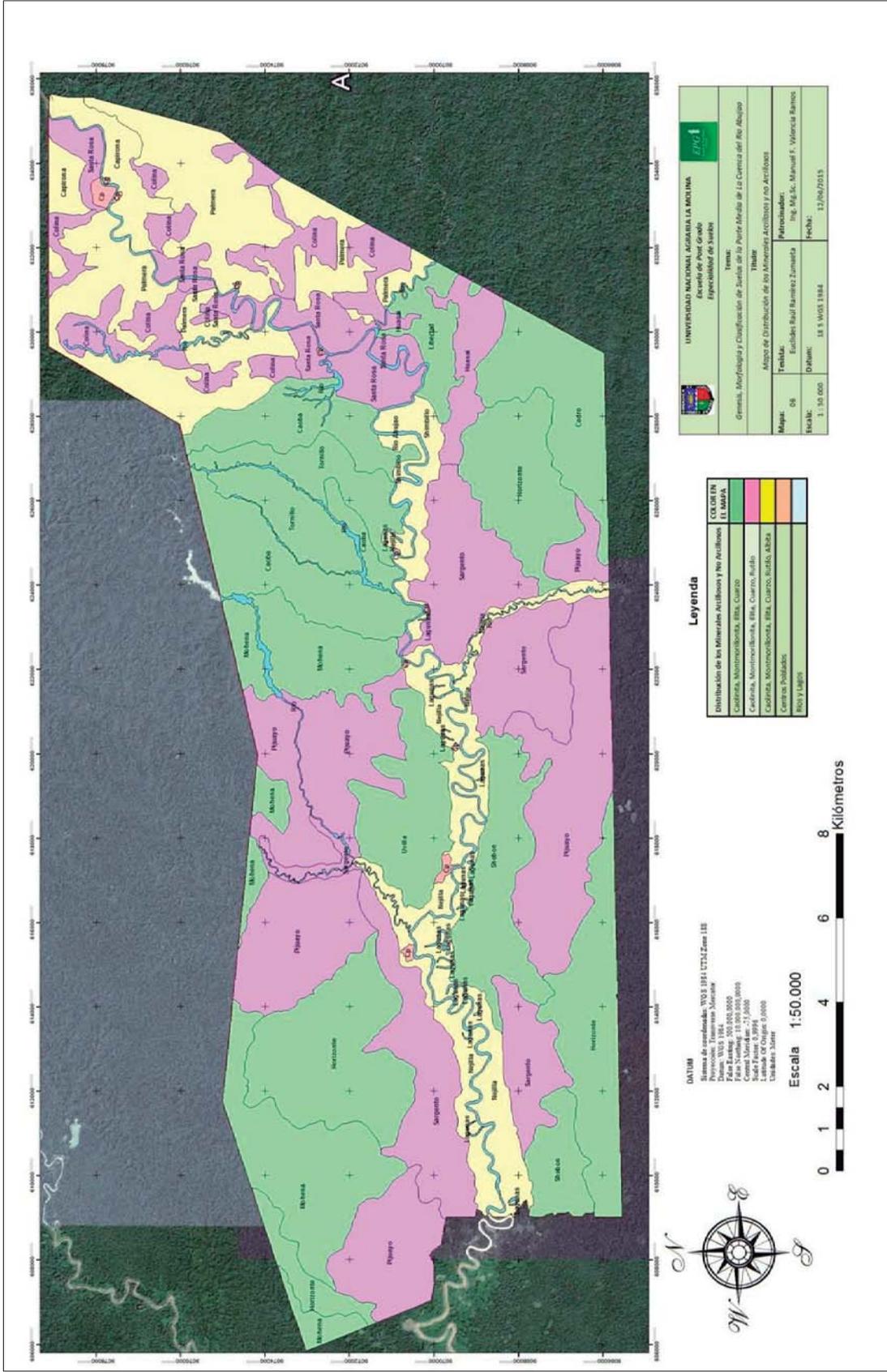
<b>Mapa:</b> 04	<b>Patrocinador:</b> Eustelides Bajul Ramirez Zumbieta	<b>Fecha:</b> 12/06/2012.
<b>Escala:</b> 1 : 50 000	<b>Datam:</b> 18 S WGS 1984	

**Resumen de las Unidades Cartográficas**

Unidad	Superficie (ha)	Porcentaje (%)
MAC	1200	15.00
PNC	1800	22.50
HAP	1000	12.50
...	...	...
<b>Total</b>	<b>8000</b>	<b>100.00</b>

**DATUM**  
Sistema de coordenadas: WGS 1984 UTM Zona 18E  
Proyección: Transversa Mercator  
Datum: WGS 1984  
Escala: 1:50,000  
Coordenadas: 10,000,000.0000  
Central Meridian: -75.0000  
Latitude: 0.0000  
Units: Meter

**Escala 1:50,000**



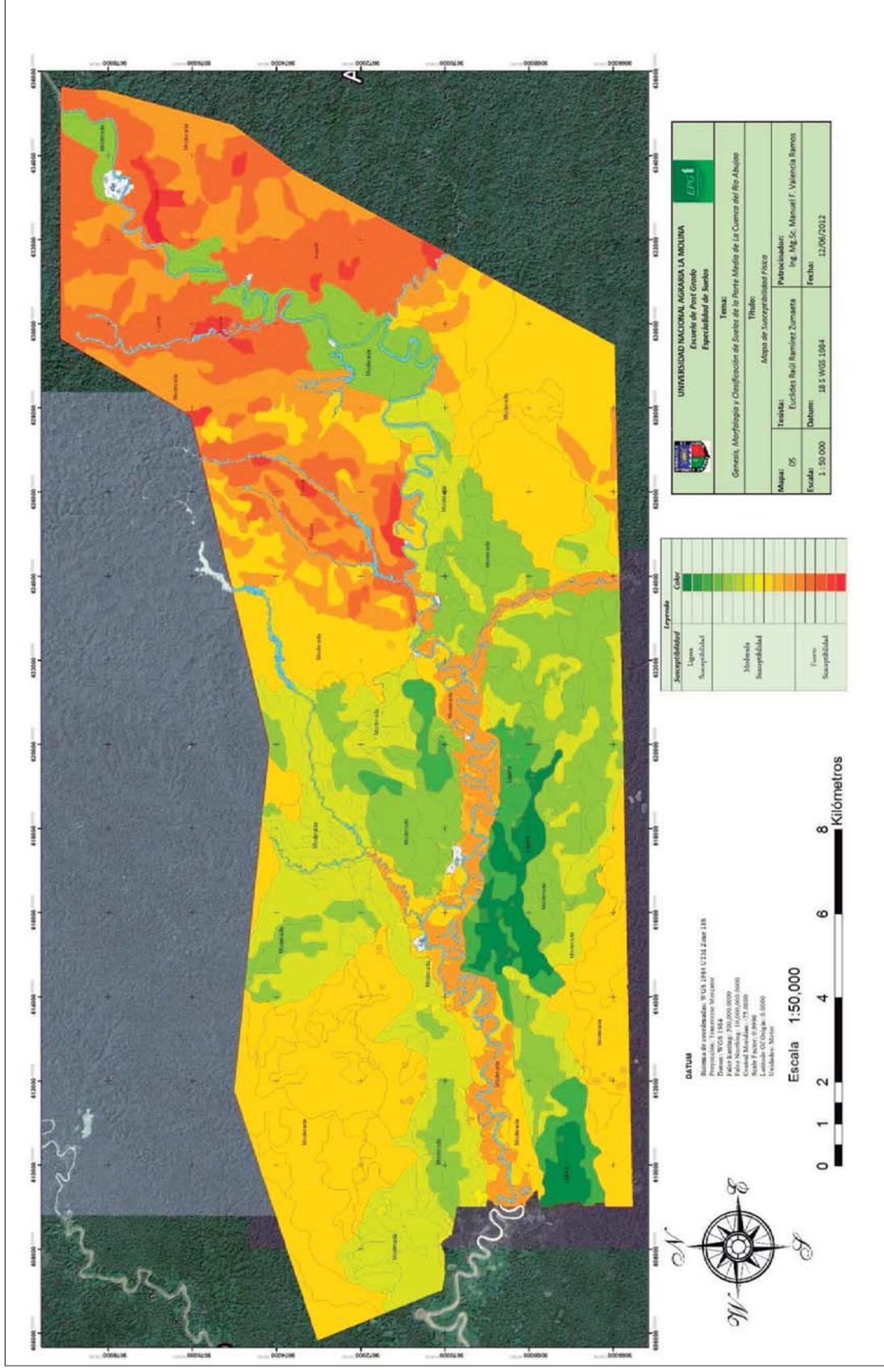
UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA Escuela de Post Grado Especialidad de Suelo	
Tema: Biología y Clasificación del Suelo de la Parte Media de La Cuenca del Río Abujayo	
Título: Mapa de Distribución de los Minerales Acidos y no Acidos	
Mapa: 08	Profesorado: Ing. Mg. Sc. Manuel F. Valencia Ramos
Escala: 1:50.000	Fecha: 12/02/2015

LEYENDA	COLORES EN EL MAPA
Distribución de los Minerales Acidos y No Acidos	[Color: Light Green]
Caudales, Montañas Blancas, Elba, Cuatro	[Color: Light Blue]
Caudales, Montañas Blancas, Elba, Cuatro, Rucita	[Color: Yellow]
Caudales, Montañas Blancas, Elba, Cuatro, Rucita, Abalta	[Color: Light Purple]
Caudales, Polillales	[Color: Light Orange]
Río y Limón	[Color: Dark Blue]

**DATUM**  
 Sistema de coordenadas: WGS 1984 UTM Zone 18E  
 Proyección: Transvers Mercator  
 Datum: WGS 1984  
 False Northing: 10,000,000.0000  
 Central Meridian: -71,0000  
 Length of Origin: 6,000.0000  
 Units: Meters

**Escala 1:50.000**





### **ANEXO III: ESCALAS DE INTERPRETACIÓN**

## PENDIENTE

<b>%</b>	<b>DEFINICIÓN</b>
0 – 4	Plano a ligeramente inclinado
4 – 8	Moderadamente inclinada
8 – 15	Fuertemente inclinada
15 – 25	Moderadamente empinada
25 – 50	Empinada
50 – 75	Muy empinada a Extremadamente empinada

## FRAGMENTOS MUY GRUESOS

<b>CLASE</b>	<b>DIÁMETRO (CM)</b>
Grava fina	0,2 – 2
Grava	2 – 5
Guijarro	5 – 25
Piedra	Mayor de 25

<b>PROFUNDIDAD EFECTIVA</b>	
<b>TÉRMINO DESCRIPTIVO</b>	<b>RANGO (cm)</b>
Muy superficial	< de 25
Superficial	25 – 50
Moderadamente Profundo	50 – 100
Profundo	100 – 150
Muy profundo	> de 150

## TEXTURA

<b>TERMINOS GENERALES</b>		
<b>SUELOS</b>	<b>TEXTURA</b>	<b>CLASE TEXTURAL</b>
<b>ARENOSOS</b>	Gruesa	Arenosa (gruesa, media, fina y muy fina)
		Arena franca (gruesa, media, fina y muy fina)
<b>FRANCOS</b>	Moderadamente Gruesa	Franco arenosa
	Media	Franca
		Franco limosa
		Limosa
	Moderadamente Fina	Franco arcillosa
		Franco arcillo arenosa
		Franco arcillo limosa
<b>ARCILLOSOS</b>	Fina	Arcillo arenosa
		Arcillo limosa
		Arcillosa

<b>REACCIÓN DEL SUELO</b>	
<b>TÉRMINO DESCRIPTIVO</b>	<b>RANGO (pH)</b>
Ultra ácida	< 3,5
Extremadamente ácida	3,5 – 4,4
Muy fuertemente ácida	4,5 – 5,0
Fuertemente ácida	5,1 – 5,5
Moderadamente ácida	5,6 – 6,0
Ligeramente ácida	6,1 – 6,5
Neutra	6,6 – 7,3
Ligeramente alcalina	7,4 – 7,8
Moderadamente alcalina	7,9 – 8,4
Fuertemente alcalina	8,5 – 9,0
Muy fuertemente alcalina	> 9,0

<b>CALCAREO TOTAL</b>	
<b>NIVEL</b>	<b>%</b>
Bajo	Menor de 1%
Medio	1 – 5
Alto	5 – 15
Muy alto	Mayor de 15

<b>MATERIA ORGÁNICA</b>	
<b>NIVEL</b>	<b>%</b>
Bajo	< de 2
Medio	2 – 4
Alto	> de 4

<b>FOSFORO DISPONIBLE</b>	
<b>NIVEL</b>	<b>ppm</b>
Bajo	< de 7
Medio	7 – 14
Alto	> de 14

<b>POTASIO DISPONIBLE</b>	
<b>NIVEL</b>	<b>ppm</b>
Bajo	< de 100
Medio	100 – 240
Alto	> de 240

<b>CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO</b>	
<b>NIVEL</b>	<b>me/100 g de suelo</b>
Muy bajo	< de 5
Bajo	5 – 15
Medio	15 – 25
Alto	25 – 40
Muy alto	> de 40

<b>PORCENTAJE DE SATURACIÓN DE BASES</b>	
<b>NIVEL</b>	<b>%</b>
Bajo	< de 35
Medio	35 – 80
Alto	> de 80

**ANEXO IV: RESULTADOS DE LAS VALORACIONES PARA LA DETERMINACIÓN DE LA SUSCEPTIBILIDAD DE LOS SUELOS**

Zona de Vida	Valor	Ordénes Taxonómicas	Valor	Clase Textural	Valor	Fisiografía	Valor	Pendiente	Valor	Litografía	Valor	Uso Actual	Valor	Valor Final
bosque muy húmedo - Premontano Tropical	3	Inceptisols	2	Mod. Gruesa a Media	3	Colinas bajas Terciario	4	Muy Empinado	4	Areniscas Calcareas	4	Bosques Primarios	2	3,5
bosque muy húmedo - Premontano Tropical	3	Inceptisols	2	Mod. Fina	2	Colinas bajas Terciario	4	Muy Empinado	4	Areniscas Calcareas	4	Bosques Primarios	2	3,3
bosque muy húmedo - Premontano Tropical	3	Inceptisols	2	Mod. Gruesa a Media	3	Colinas bajas Terciario	4	Empinado	4	Areniscas Calcareas	4	Bosques Primarios	2	3,3
bosque húmedo - Tropical	3	Inceptisols	2	Gruesa	4	Colinas bajas Cuaternario	4	Muy Empinado	4	Areniscas con Limoardillitas	2	Bosques Primarios	2	3,3
bosque húmedo - Tropical	3	Ultisols	2	Mod. Gruesa a Media	3	Colinas bajas Cuaternario	4	Muy Empinado	4	Areniscas con Limoardillitas	2	Terrenos con cultivos estacionarios o purmas joven	3	3,2
bosque muy húmedo - Premontano Tropical	3	Inceptisols	2	Mod. Fina	2	Colinas bajas Terciario	4	Empinado	4	Areniscas Calcareas	4	Bosques Primarios	2	3,1
bosque muy húmedo - Premontano Tropical	3	Inceptisols	2	Mod. Gruesa a Media	3	Colinas bajas Terciario	3	Moderadamente Empinado	3	Areniscas Calcareas	4	Bosques Primarios	2	3,1
bosque húmedo - Tropical	3	Ultisols	2	Mod. Gruesa a Media	3	Colinas bajas Cuaternario	4	Muy Empinado	4	Areniscas con Limoardillitas	2	Bosques Primarios, Bosques Secundarios	2	3,1
bosque húmedo - Tropical	3	Inceptisols	2	Gruesa	4	Colinas bajas Cuaternario	4	Empinado	3	Areniscas con Limoardillitas	2	Bosques Primarios	2	3,1
bosque húmedo - Tropical	3	Ultisols	2	Mod. Gruesa a Media	3	Colinas bajas Cuaternario	4	Empinado	4	Areniscas con Limoardillitas	2	Terrenos con cultivos estacionarios o purmas joven	3	3,0
bosque muy húmedo - Premontano Tropical	3	Inceptisols	2	Mod. Fina	2	Colinas bajas Terciario	3	Moderadamente Empinado	3	Areniscas Calcareas	4	Bosques Primarios	2	2,9
bosque húmedo - Tropical	3	Entisols	3	Mod. Gruesa a Media	3	Terrazas bajas	3	Plano o Casi a nivel a Ligereamente Inclinado	1	Arenas, Limos, Arcillas	4	Terrenos con limitación de uso o inundables	4	2,9
bosque húmedo - Tropical	3	Entisols	3	Mod. Gruesa a Media	3	Terrazas bajas	3	Moderadamente Inclinado	2	Arenas, Limos, Arcillas	4	Bosques Primarios, Bosques Secundarios	2	2,9
bosque húmedo - Tropical	3	Inceptisols, Ultisols	2	Mod. Gruesa a Media	3	Colinas bajas Cuaternario	4	Empinado	3	Areniscas con Limoardillitas	2	Bosques Primarios, Bosques Secundarios	2	2,9
bosque húmedo - Tropical	3	Inceptisols	2	Gruesa	4	Colinas bajas Cuaternario	3	Moderadamente Empinado	3	Areniscas con Limoardillitas	2	Bosques Primarios	2	2,9
bosque húmedo - Tropical	3	Entisols	3	Mod. Gruesa a Media	3	Terrazas bajas	3	Plano o Casi a nivel a Ligereamente Inclinado	1	Arenas, Limos, Arcillas	4	Terrenos con cultivos estacionarios o purmas joven	3	2,8
bosque húmedo - Tropical	3	Inceptisols	2	Mod. Gruesa a Media	3	Terrazas altas	3	Moderadamente Inclinado	2	Areniscas Limoarcillosas	3	Terrenos con cultivos estacionarios o purmas joven	3	2,8
bosque húmedo - Tropical	3	Ultisols	2	Mod. Gruesa a Media	3	Colinas bajas Cuaternario	3	Moderadamente Empinado	3	Areniscas con Limoardillitas	2	Terrenos con cultivos estacionarios o purmas joven	3	2,8
bosque húmedo - Tropical	3	Inceptisols	2	Gruesa	4	Terrazas altas	2	Moderadamente Inclinado	2	Areniscas Limoarcillosas	3	Terrenos con cultivos estacionarios o purmas joven	3	2,8

Continúa...

Zona de Vida	Valor	Órdenes Taxonómicas	Valor	Clase Textural	Valor	Fisiografía	Valor	Pendiente	Valor	Litografía	Valor	Uso Actual	Valor	Valor Final
bosque húmedo - Tropical	3	Entisols	3	Mod. Gruesa a Media	3	Terrazas bajas	3	Plano o Casi a nivel a Ligeramente inclinado	1	Arenas, Limos, Arcillas	4	Bosques Primarios, Bosques Secundarios	2	2,7
bosque húmedo - Tropical	3	Inceptisols	2	Mod. Gruesa a Media	3	Terrazas altas	3	Moderadamente Inclinado	2	Areniscas Limoarcillosas	3	Bosques Primarios, Bosques Secundarios	2	2,7
bosque húmedo - Tropical	3	Inceptisols, Ultisols	2	Mod. Gruesa a Media	3	Colinas bajas Cuaternario	3	Moderadamente Empinado	3	Areniscas con Limoarcillitas	2	Bosques Primarios, Bosques Secundarios	2	2,7
bosque húmedo - Tropical	3	Inceptisols	2	Gruesa	4	Terrazas altas	2	Moderadamente Inclinado	2	Areniscas Limoarcillosas	3	Bosques Primarios, Bosques Secundarios	2	2,7
bosque húmedo - Tropical	3	Ultisols	2	Mod. Gruesa a Media	3	Terrazas altas	3	Moderadamente Inclinado	1	Areniscas Limoarcillosas	3	Terrenos con cultivos estacionarios o purmas joven	3	2,4
bosque húmedo - Tropical	3	Inceptisols	2	Gruesa	4	Terrazas medias	2	Moderadamente Inclinado	2	Arenas medias	1	Terrenos con cultivos estacionarios o purmas joven	3	2,4
bosque húmedo - Tropical	3	Inceptisols	2	Mod. Gruesa a Media	3	Terrazas altas	3	Moderadamente Inclinado	3	Arenas medias	1	Bosques Primarios, Bosques Secundarios	2	2,3
bosque húmedo - Tropical	3	Ultisols	2	Mod. Gruesa a Media	3	Terrazas altas	3	Moderadamente Inclinado	2	Areniscas Limoarcillosas	3	Bosques Primarios, Bosques Secundarios	2	2,3
bosque húmedo - Tropical	3	Ultisols	2	Mod. Gruesa a Media	3	Terrazas altas	3	Moderadamente Inclinado	1	Areniscas Limoarcillosas	3	Bosques Primarios, Bosques Secundarios	2	2,3
bosque húmedo - Tropical	3	Inceptisols	2	Gruesa	4	Terrazas medias	2	Moderadamente Inclinado	2	Arenas medias	1	Bosques Primarios, Bosques Secundarios	2	2,3
bosque húmedo - Tropical	3	Inceptisols	2	Gruesa	4	Terrazas medias	2	Moderadamente Inclinado	2	Arenas medias	1	Bosques Primarios, Bosques Secundarios	2	2,3
bosque húmedo - Tropical	3	Ultisols	2	Mod. Gruesa a Media	3	Terrazas altas	3	Plano o Casi a nivel a Ligeramente inclinado	1	Areniscas Limoarcillosas	3	Terrenos con cultivos estacionarios o purmas joven	3	2,2
bosque húmedo - Tropical	3	Inceptisols	2	Mod. Gruesa a Media	3	Terrazas medias	2	Moderadamente Inclinado	2	Arenas medias	1	Terrenos con cultivos estacionarios o purmas joven	3	2,2
bosque húmedo - Tropical	3	Inceptisols	2	Gruesa	4	Terrazas medias	2	Plano o Casi a nivel a Ligeramente inclinado	1	Arenas medias	1	Terrenos con cultivos estacionarios o purmas joven	3	2,2
bosque húmedo - Tropical	3	Inceptisols	2	Mod. Fina	2	Terrazas medias	3	Moderadamente Inclinado	2	Arenas medias	1	Bosques Primarios	2	2,1
bosque húmedo - Tropical	3	Inceptisols	2	Mod. Fina	2	Terrazas medias	3	Moderadamente Inclinado	2	Arenas medias	1	Bosques Primarios	2	2,1
bosque húmedo - Tropical	3	Inceptisols	2	Mod. Fina	2	Terrazas medias	3	Moderadamente Inclinado	2	Arenas medias	1	Bosques Primarios, Bosques Secundarios	2	2,1
bosque húmedo - Tropical	3	Ultisols	2	Mod. Gruesa a Media	3	Terrazas altas	3	Plano o Casi a nivel	1	Areniscas Limoarcillosas	3	Bosques Primarios, Bosques Secundarios	2	2,1
bosque húmedo - Tropical	3	Inceptisols	2	Mod. Gruesa a Media	3	Terrazas medias	3	Ligeramente inclinado	1	Arenas medias	1	Bosques Primarios, Bosques Secundarios	2	2,1
bosque húmedo - Tropical	3	Inceptisols	2	Mod. Gruesa a Media	3	Terrazas altas	3	Ligeramente inclinado	2	Arenas medias	1	Bosques Primarios, Bosques Secundarios	2	2,1
bosque húmedo - Tropical	3	Inceptisols	2	Mod. Gruesa a Media	3	Terrazas medias	3	Moderadamente Inclinado	2	Arenas medias	1	Bosques Primarios, Bosques Secundarios	2	2,1
bosque húmedo - Tropical	3	Inceptisols	2	Gruesa	4	Terrazas medias	2	Plano o Casi a nivel	1	Arenas medias	1	Bosques Primarios, Bosques Secundarios	2	2,1
bosque húmedo - Tropical	3	Inceptisols	2	Gruesa	4	Terrazas medias	2	Ligeramente inclinado	1	Arenas medias	1	Bosques Primarios, Bosques Secundarios	2	2,1
bosque húmedo - Tropical	3	Inceptisols	2	Mod. Gruesa a Media	3	Terrazas medias	2	Ligeramente inclinado	1	Arenas medias	1	Terrenos con cultivos estacionarios o purmas joven	3	2,0
bosque húmedo - Tropical	3	Inceptisols	2	Mod. Gruesa a Media	3	Terrazas medias	1	Moderadamente Inclinado	2	Arenas medias	1	Terrenos con cultivos estacionarios o purmas joven	3	2,0

Continúa...

Zona de Vida	Valor	Órdenes Taxonómicas	Valor	Clase Textural	Valor	Fisiografía	Valor	Pendiente	Valor	Litología	Valor	Uso Actual	Valor	Valor Final
bosque húmedo - Tropical	3	Inceptisols	2	Mod. Gruesa a Media	3	Terrazas medias	2	Ligeramente inclinado	1	Arenas medias	1	Bosques Primarios, Bosques Secundarios	2	1,9
bosque húmedo - Tropical	3	Inceptisols	2	Mod. Gruesa a Media	3	Terrazas medias	1	Moderadamente inclinado	2	Arenas medias	1	Bosques Primarios, Bosques Secundarios	2	1,9
bosque húmedo - Tropical	3	Inceptisols	2	Mod. Gruesa a Media	3	Terrazas medias	1	Plano o Casi a nivel a Ligeramente inclinado	1	Arenas medias	1	Terrenos con cultivos estacionarios o plumas joven	3	1,8
bosque húmedo - Tropical	3	Inceptisols	2	Mod. Gruesa a Media	3	Terrazas medias	1	Plano o Casi a nivel a Ligeramente inclinado	1	Arenas medias	1	Bosques Primarios, Bosques Secundarios	2	1,7
Centro Poblado Rios y Lagos	0	Centro Poblado Rios y Lagos	0		0	Centro Poblado Rios y Lagos	0	Centro Poblado Rios y Lagos	0		0	Centro Poblado Rios y Lagos	3	0,3
			0		0	Rios y Lagos	0	Rios y Lagos	0		0	Rios y Lagos	0	0,0

