

# CARACTERIZACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE ALGUNOS SUELOS AMAZONICOS DEGRADADOS Y NO DEGRADADOS CON RELACION A LA FISIOGRAFIA EN LA PROVINCIA DE PADRE ABAD. UCAYALI, PERÚ.

## CHARACTERIZATION OF THE PHYSICAL PROPERTIES OF SOME DEGRADED AND NON-GRADED AMAZONIC SOILS IN RELATION TO PHYSIOLOGY IN THE PROVINCE OF PADRE ABAD. UCAYALI, PERU.

### RESUMEN

Edgar J. Díaz Zúñiga<sup>1</sup> Gabriel Mercado Jáuregui<sup>1</sup> Alfonso Muñoz Ruiz<sup>2</sup>

El presente estudio se realizó en la Provincia de Padre que comprende sus distritos de Neshuya, Von Humboldt, Irazola, Curimaná y Padre Abad, del Departamento de Ucayali – Perú, con la finalidad de determinar la morfología, las características físicas y químicas de los suelos degradados y no degradado (bosques primarios) con relación a las unidades fisiográficas predominantes de esta zona.

La metodología empleada comprendió tres fases: de gabinete, de campo y de laboratorio. Los factores más importantes que influyeron en la formación de los suelos, fueron el clima, la vegetación y el relieve. Climáticamente la zona presenta el régimen de temperatura isohyperthermic y el de humedad udic, según Soil Taxonomy (USDA-NRCS, 2010). Se han identificado once (11) unidades fisiográficas que predominan en la provincia: terraza alta moderadamente disectada **Ta-md-d**, terraza alta de drenaje imperfecto a pobre **Ta-w-i-p**, lomada **Lm**, colina baja moderadamente disectada **Cb-md-d**, colina baja fuertemente disectada **Cb-f-d**, colina alta moderadamente disectada **Ca-md-d**, ladera de montaña fuertemente empinada **LM-f-e**, montaña baja moderadamente empinada **Mb-md-e**, montaña baja empinada **Mb-e**, montaña baja muy empinada **Mb-my-e** y montaña alta muy empinada **Ma-my-e**

Morfológicamente se han encontrado perfiles tipo A/C; perfiles tipo A/B/C y perfiles de suelo tipo O/A/B/C; la clase textural predominante tanto en suelos degradados como en suelos con bosques primarios es Franco (Fr), seguido de la clase textural Franco Arenoso (Fr.Ao) y Franco Arcilloso (Fr.Ar); los suelos degradados presentan una alta densidad aparente independientemente de su clase textural con valores que están entre 1,47 y 1,60 g/cm<sup>3</sup>; en tanto que en los suelos con bosques primarios se ha encontrado bajos valores de densidad aparente que varían entre 1,22 a 1,34 g/cm<sup>3</sup>. Estos resultados nos permiten afirmar que los suelos degradados están compactados. El porcentaje de porosidad es marcadamente superior en suelos con bosques primarios variando entre 49,1 y 54,0%, valores que permiten una buena circulación del agua y el aire; mientras que en los suelos degradados por su estado de compactación la porosidad total es baja con porcentajes entre 39,6 y 46,4%; se ha encontrado una alta relación inversamente proporcional ( $R^2= 1$ ) entre la densidad aparente y el porcentaje de porosidad; es decir a mayor densidad aparente menor porosidad; la conductividad hidráulica es significativamente superior en los suelos con bosques primarios con porcentajes entre 6,7 y 100,46 mm/hora; mientras que en los suelos degradados los valores solo están entre 0,81 y 17,83%. Se ha encontrado una alta relación inversa entre el contenido de arcilla y la conductividad hidráulica ( $R^2= 0,7868$ ) es decir que a mayor arcilla menor conductividad; para el caso de la relación entre el contenido de arena y la conductividad hidráulica también se ha encontrado una significativa relación directa ( $R^2= 0,4967$ ) es decir que a mayor arena mayor conductividad.

**Palabras claves:** características físicas, suelos degradados, suelos no degradados, fisiografía, densidad, porosidad, conductividad hidráulica.

### SUMMARY

The present study was carried out in the Province of Padre which includes its districts of Neshuya, Von Humboldt, Irazola, Curimaná and Padre Abad, of the Department of Ucayali - Peru, with the purpose of determining the morphology, the physical and chemical characteristics of the soils degraded and not degraded (primary forests) in relation to the predominant physiographic units of this area.

The methodology used included three phases: cabinet, field and laboratory. The most important factors that influenced the formation of the soils were climate, vegetation and relief. Climatically, the zone presents the temperature regime isohyperthermic and humidity udic, according to Soil Taxonomy (USDA-NRCS, 2010). Eleven (11) physiographic units that predominate in the province have been identified: high terrace moderately dissected Ta-md-d, high terrace of imperfect drainage to poor Ta-wip, lomad Lm, low hill moderately dissected Cb-md-d, hill low heavily dissected Cb-fd, moderately dissected high hill Ca-md-d, steeply steep mountain slope LM-fe, moderately steep low mountain Mb-md-e, steep low mountain Mb-e, very steep low mountain Mb-my -e and very steep high mountain Ma-my-e

Morphologically profiles have been found type A / C; profiles type A / B / C and floor profiles type O / A / B / C; the predominant textural class in degraded soils as well as in soils with primary forests is Franco (Fr), followed by textural class Franco Arenoso (Fr.Ao) and Franco Arcilloso (Fr.Ar); degraded soils have a high apparent density independently of their textural class with values that are between 1.47 and 1.60 g / cm<sup>3</sup>; whereas, in soils with primary forests, low apparent density values have been found, ranging from 1.22 to 1.34 g / cm<sup>3</sup>. These results allow us to affirm that the degraded soils are compacted. The percentage of porosity is markedly higher in soils with primary forests varying between 49.1 and 54.0%, values that allow a good circulation of water and air; while in degraded soils, due to its compaction state, total porosity is low, with percentages between 39.6 and 46.4%; a high inversely proportional relationship ( $R^2 = 1$ ) has been found between the apparent density and the percentage of porosity; that is, the greater the bulk density, the lower the porosity; the hydraulic conductivity is significantly higher in soils with primary forests with percentages between 6.7 and 100.46 mm / hour; while in degraded soils the values are only between 0.81 and 17.83%. A high inverse relationship between the clay content and the hydraulic conductivity has been found ( $R^2 = 0.7868$ ), that is, the higher the clay the lower the conductivity; for the case of the relationship between sand content and hydraulic conductivity, a significant direct relationship has also been found ( $R^2 = 0.4967$ ), meaning that the greater the sand, the greater the conductivity.

**Keywords:** physical characteristics, degraded soils, non-degraded soils, physiography, density, porosity, hydraulic conductivity.

## 1. INTRODUCCION

La acelerada deforestación de la Amazonía está contribuyendo a la extinción de especies endémicas de flora y fauna y una gran disminución de la diversidad biológica del bosque, producto de millones de años de evolución. Las altas tasas de extinción de especies biológicas hacen que científicos señalen a la actualidad como la sexta época de extinciones masivas de la historia del planeta, siendo la única provocada por la acción antrópica. Para la comunidad científica mundial, esta ola de extinciones está destruyendo el patrimonio genético de la humanidad antes de que la ciencia tenga oportunidad de conocerlo científicamente. En muchos casos, los bosques de gran diversidad biológica están siendo sustituidos por inmensos monocultivos de soya, palma aceitera, caña de azúcar, coca u otros cultivos destinados a mercados nacionales e internacionales o por grandes extensiones de pastos para ganado destinado a suministrar mercados lejanos. (Paul E Little, 2013).

Se estima que cada hora desaparecen seis especies por la destrucción masiva de bosques tropicales. En sus orígenes, muchas de las tribus que habitaban las selvas amazónicas, conscientes de sus propios estragos, mudaban de residencia cada cinco años para reducir al mínimo el desgaste de su medio ambiente. Sin embargo, esta sabiduría atávica se ha ido olvidando y extinguiendo, por la acción depredatoria de intereses extraños a la región, que, destruyen año con año cinco millones de hectáreas. Es así como muchas de las dinámicas nativas de preservación y supervivencia han sido derrotadas. En la actualidad, de los seis a nueve millones de indígenas que habitaron la Amazonia secular, no quedan más que algunos grupos exiguos y dispersos. Sólo en lo que va de este siglo, 90 tribus enteras han dejado de existir. (Tratado de Cooperación Amazónica, 1992).

Los suelos constituyen un sistema vital de la más alta importancia, bajo la sola consideración de que la mayor parte de la producción alimentaria requerida por la población mundial en continuo

crecimiento depende de ellos. Aparte de esa función primordial de ser la base para la producción de biomasa, los suelos cumplen otras importantes funciones para la vida humana. Por una parte actúan filtrando, amortiguando y transformando compuestos adversos que contaminan el ambiente, protegiendo así de la polución la cadena alimenticia y el agua subterránea; y también comprenden una reserva de genes, la cual es más completa en calidad y cantidad que la de toda la biota sobre la tierra (Blum, 1998). La degradación acelerada e irreversible del recurso suelo, considerada como uno de los mayores peligros para la humanidad en el futuro, en una primera aproximación, es definida por Blum, (1998), como un desbalance de algunas de las funciones del suelo que puede ser causa de su deterioro físico, químico y biológico, y hasta de su total destrucción.

Lal y Stewart, (1990), definen la degradación del suelo como el descenso de la calidad del mismo, debido a su mal uso por los seres humanos. En este sentido, se entiende la pérdida de calidad de los suelos, como el descenso de su productividad a través de cambios adversos en el estado de nutrientes y de materia orgánica, pérdida de los atributos estructurales de los suelos y, concentración de electrolitos y productos tóxicos que perjudican el desarrollo de la cobertura vegetal. La UNEP, (1982), define de forma más simplificada la degradación de los suelos, como la disminución de la capacidad actual y/o potencial de los mismos para producir bienes o servicios, debido al resultado de uno o más procesos degradativos; entre los que destacan, como más acuciantes, la compactación y endurecimiento del suelo, la desertificación, la erosión y sedimentación del material erosionado, la laterización, y la degradación biológica y química.

En la provincia de Padre Abad del Departamento de Ucayali, se aprecian una variedad de unidades fisiográficas predominando aquellas que tienen pendientes pronunciadas y muy pronunciadas, las mismas que en gran parte han sido deforestadas para dedicarlas principalmente a una serie de cultivos como el de coca, con prácticas totalmente inadecuadas para las condiciones topográficas, hechos que inevitablemente conducen a la degradación de los suelos, desconociéndose aún que alteraciones físicas, químicas y biológicas ocurren en estos.

El objetivo del presente estudio ha sido caracterizar las propiedades físicas y químicas de los suelos amazónicos degradados y no degradados con relación a la fisiografía del terreno, en la provincia de Padre Abad, en la Región Ucayali, Perú.

## **2. MARCO METODOLOGICO**

### **Ubicación**

La zona de estudio comprende la Provincia de Padre Abad y sus distritos Neshuya, Curimaná, Alexander Von Humboldt, Irazola y padre Abad; forma parte del departamento de Ucayali, que está ubicada en la parte centro oriental del Perú. Las coordenadas de ubicación se muestran en la Figura 1.

### **Caracterización fisiográfica de la zona en estudio.**

Previamente, a manera de mapa base se ha elaborado el mapa fisiográfico de toda la provincia de Padre Abad y contrastándolo con mapas existentes como los de IIAP, 1999; nuestro interés ha sido identificar las unidades fisiográficas predominantes de la zona de estudio, para la ubicación adecuada de las calicatas representativas de cada una de las unidades fisiográficas consideradas que han sido en número de 11, y en el que se han estudiado 21 perfiles, como se presenta en las Figura 1y 2.



Figura 1. Mapa de ubicación de la zona de estudio. Elaborado por Díaz, E; Espinoza, J y López, C. Pucallpa, 2015.

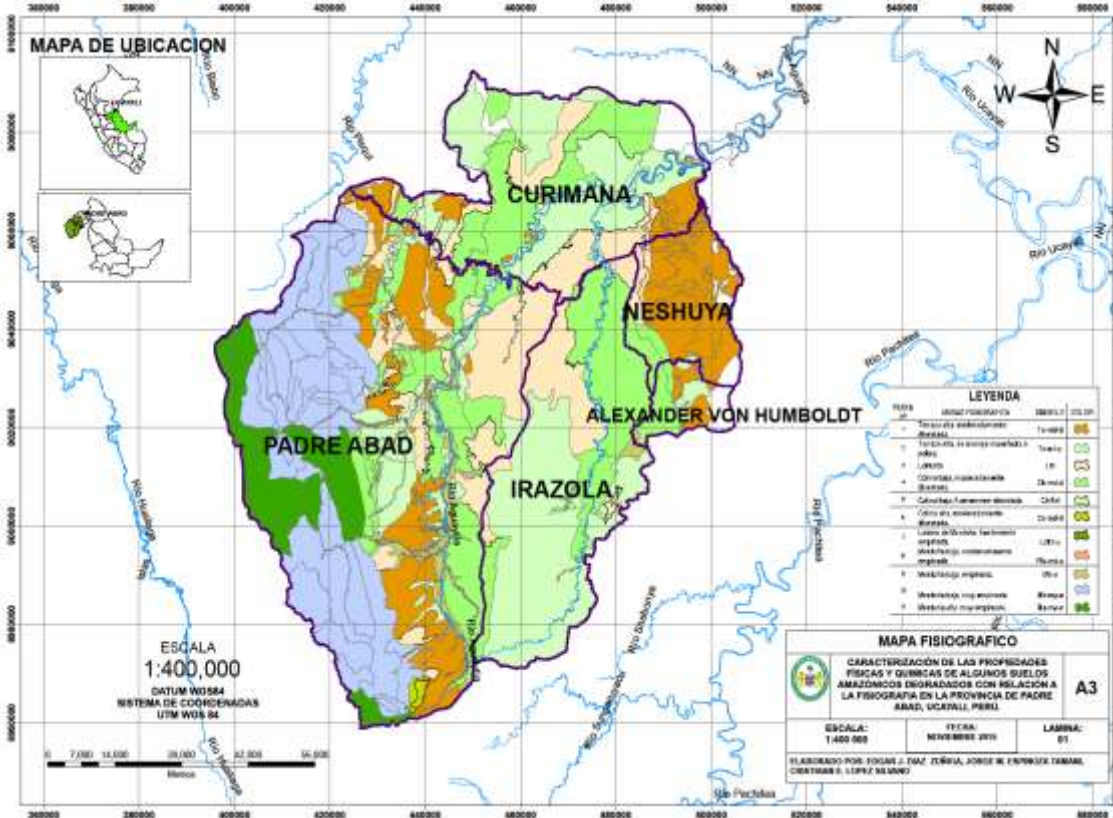
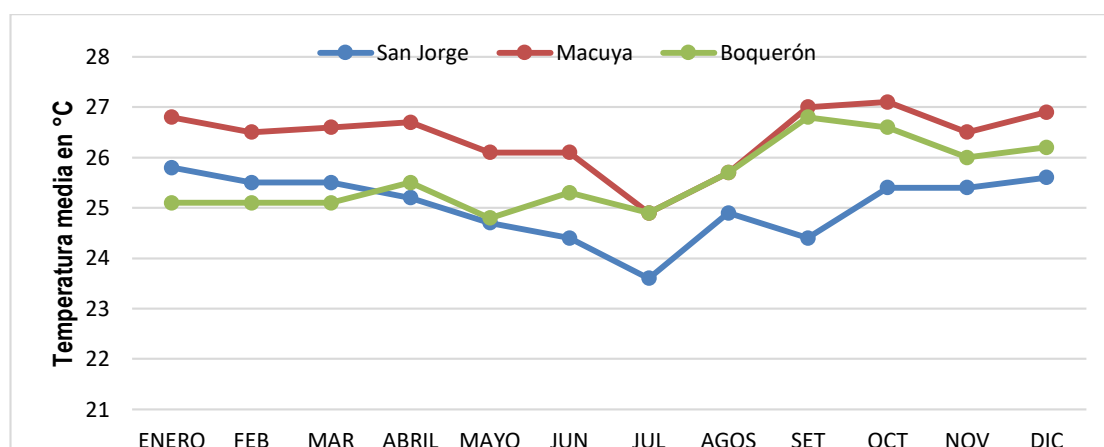


Figura 2. Mapa fisiográfico de la zona de Padre Abad – Ucayali. Elaborado por: Díaz, E; Espinoza, J y López, C. Pucallpa, 2015.

## Climatología en la Provincia de Padre Abad. Ucayali, Perú.

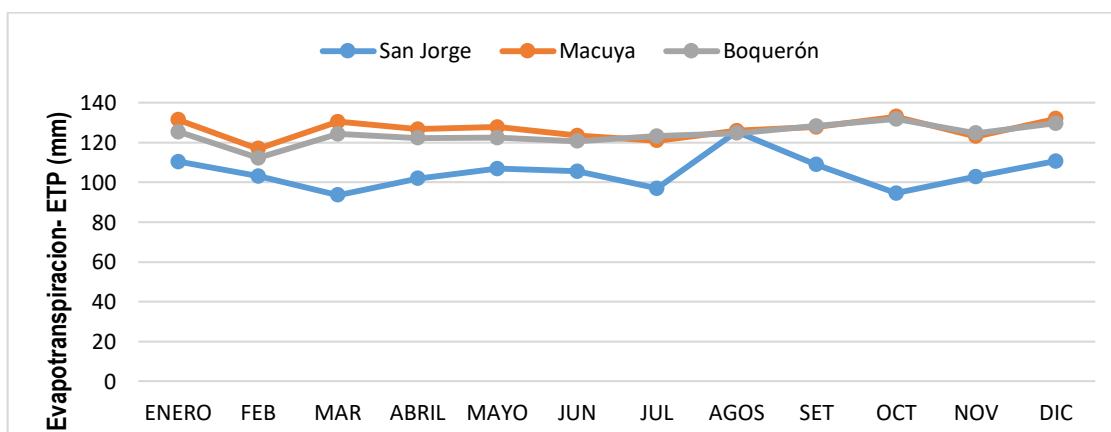
Para la provincia de Padre Abad, los regímenes de humedad y temperatura se han deducido a partir de los datos climáticos de la Estación Meteorológica Principal C.P 407 de San Jorge, la estación Meteorológica de Alexander Vond Humbolt (bosque Macuya de la UNU) y la Estación Meteorológica del Boquerón del Padre Abad (Sede de la UNU Aguaytía). El régimen de humedad corresponde a un Udic y el régimen de temperatura a un Isohiperthermic. ( USDA-NRCS, 2012)

Con las informaciones procedentes de las tres Estaciones Meteorológicas, se ha encontrado que en lo que respecta a la temperatura media anual solo existe unas ligeras variaciones, tal es así que la temperatura media en San Jorge (Km 54 de la CFB), en Von Humboldt (km 86 CFB) y en el Boquerón (Km 180 de la CFB), es de 25,0°C, 26,4°C y 25,6°C respectivamente. En la Figura 3 se puede ver la variación de las temperatura media durante todo el año.



**Figura 3.** Variación de la temperatura media mensual en las zonas de San Jorge, Macuya y Boquerón de la Provincia de Padre Abad. Ucayali, Perú. Elaborado por Díaz, E. (2015).

La evapotranspiración potencial ETP, en términos relativos tiene poca variación entre las 3 zonas, tal es así que la ETP en la zona de Neshuya es 1 261,4, en Macuya de 1 519,8 y en el Boquerón es de 1 490,0. Como se puede ver en la Figura 4, entre Macuya y Boquerón no hay mayor diferencia, relativamente casi es igual; pero entre estas 02 y la zona de san Jorge si se aprecia alguna diferencia, pero que no es significativa.



**Figura 4.** Variación de la evapotranspiración potencial ETP mensual en las zonas de San Jorge, Macuya y Boquerón de la Provincia de Padre Abad. Ucayali, Perú. Elaborado por Díaz, E. (2015).

La precipitación pluvial presenta grandes diferencias entre la zona de Boquerón con relación a las zonas de Macuya y San Jorge, tal cual se presenta en la Figura 5.

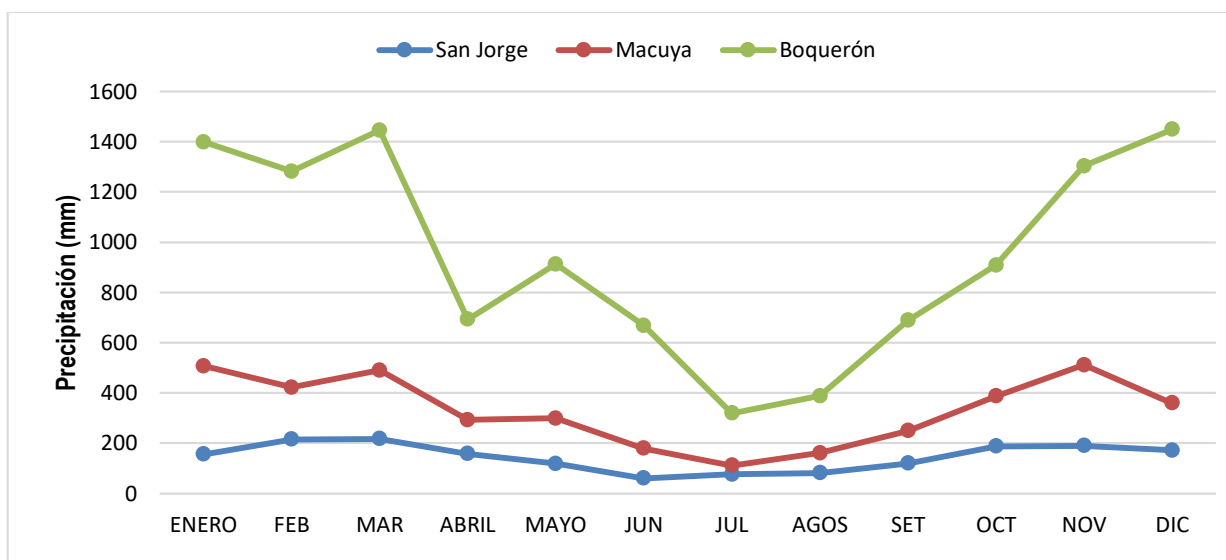


Figura 5. Variación de la precipitación pluvial en las zonas de San Jorge, Macuya y Boquerón de la Provincia de Padre Abad. Ucayali, Perú. Elaborado por Díaz, E (2015).

## RESULTADOS

### CARACTERIZACION DE LAS PRINCIPALES PROPIEDADES FISICAS DE LOS SUELOS DEGRADADOS Y NO DEGRADADOS (BOSQUES PRIMARIOS) SEGÚN LAS UNIDADES FISIOGRAFICAS PREDOMINANTES EN LA PROVINCIA DE PADRE ABAD. UCAYALI, PERU

Las propiedades físicas del suelo son de alta importancia porque tiene la responsabilidad del transporte del aire, del calor, del agua y de las sustancias solubles a través del suelo. Sánchez (1981) sostiene que las propiedades físicas en los suelos tropicales son ampliamente variables, habiendo encontrado suelos con excelentes propiedades físicas como los Oxisols y los Andepts. Las propiedades físicas pueden cambiar y cambian con las prácticas de manejo y se deterioran con la labranza y mal uso, haciendo al suelo menos permeable y más susceptible a pérdidas por escorrentía y erosión.

**Cuadro 1.** Propiedades físicas de suelos degradados en las unidades fisiográficas predominantes en la Provincia de Padre abad.

PERFIL N°	UNIDAD FISIOGRAFICA	HORIZONTAL	PROFUNDIDAD (cm)	TEXTURA	ESTRUCTURA	DENSIDAD APARENTE g/cm <sup>3</sup>	DENSIDAD REAL g/cm <sup>3</sup>	POROSIDAD TOTAL %	CARACTERISTICAS DEL AGUA DEL SUELO					COLOR HUMED. (Munsell)
									PM %	CC %	SAT %	AGUA DISP cm/cm	COND HIDR mm/hora	
1	Ta-md-d	Ap	0 - 18	Fr.Ar.Ao	Gf1	1.60	2.65	39.6	18.8	30.0	39.8	0.1	2.4	7.5YR 5/3
3	Ta-w-i-p	Ap	0 - 25	Fr	Gf1	1.58	2.65	40.4	12.3	23.8	40.4	0.1	12.0	10YR 6/4
5	Lm	Ap	0 - 30	Fr.Ao	Gm1	1.57	2.65	40.8	13.3	22.6	40.8	0.1	14.8	7.5YR 5/4
7	Cb-md-d	Ap	0 - 19	Fr.Ar.Ao	Gf3	1.58	2.65	40.4	14.25	25.6	40.4	0.1	8.3	7.5YR 4/4
9	Cb-f-d	Ap	0 - 24	Fr.Ar	Gm3	1.50	2.65	43.4	24.1	36.4	43.3	0.1	0.8	5 YR 4/6

11	<i>Ca-md-d</i>	Ap	0 - 5	Fr	Bm3	1.49	2.65	43.8	15.7	30.5	43.8	0.2	6.5	7.5YR 4/3
13	<i>LM-f-e</i>	Ap	0 - 17	Fr	Gm1	1.45	2.65	45.3	16.0	29.7	45.4	0.1	10.1	2.5YR 4/4
15	<i>Mb-md-e</i>	Ap	0 - 22	Fr	Gm1	1.42	2.65	46.4	14.9	29.3	46.4	0.1	13.2	10YR 3/2
17	<i>Mb-e</i>	Ap	0 - 13	Fr.Ao	Gm1	1.57	2.65	40.8	11.4	21.6	40.8	0.1	17.8	10YR 3/3
19	<i>Mb-my-e</i>	Ap	0 - 18	Fr.Ar	Bm3	1.47	2.65	44.5	20.6	34.3	44.5	0.1	2.8	2.5YR 5/4

**Cuadro 2.** Propiedades físicas de suelos no degradados (bosques primarios) en las unidades fisiográficas predominantes en la Provincia de Padre abad.

PERFIL N°	UNIDAD FISIOGRAFICA	HORIZONTAL	PROFUNDIDAD (cm)	TEXTURA	ESTRUCTURA	DENSIDAD APARENTE g/cm <sup>3</sup>	DENSIDAD REAL g/cm <sup>3</sup>	POROSIDAD TOTAL %	CARACTERÍSTICAS DEL AGUA DEL SUELO					COLOR HUMED. (Munsell)
									PM %	CC %	SAT %	AGUA DISP cm/cm	COND HIDR mm/hora	
2	<i>Ta-md-d</i>	A	0 - 18	Fr	Gf1	1.27	2.65	52.1	14.1	28.5	52.1	0.14	33.16	2.5YR 4/4 10YR
4	<i>Ta-w-i-p</i>	A	0 - 7	Fr.Ao	Gf1	1.29	2.65	51.3	7.1	3.3	51.2	0.10	100.46	3/4
6	<i>Lm</i>	A	0 - 21	Fr.Ar	Gm1	1.22	2.65	54.0	24.0	38.9	54.0	0.15	8.70	5YR 5/6 10YR
8	<i>Cb-md-d</i>	A	0 - 20	Fr.Ao	Gf1	1.35	2.65	49.1	12.5	23.5	49.1	0.11	40.88	6/3 10YR
10	<i>Cb-f-d</i>	A	0 - 20	Ar	Bm3	1.30	2.65	50.9	25.9	39.8	50.8	0.14	3.23	5/3 7.5YR
12	<i>Ca-md-d</i>	A	0 - 10	Fr.Ao	Gm1	1.30	2.65	50.9	13.2	24.7	51.1	0.11	44.33	4/2 2.5YR
14	<i>LM-f-e</i>	A	0 - 22	Fr	Gm1	1.29	2.65	51.3	11.6	25.8	51.2	0.14	42.02	3/4 2.5YR
16	<i>Mb-md-e</i>	A	0 - 25	Fr.Ao	Gf1	1.26	2.65	52.5	10.0	22.3	52.5	0.12	68.79	3/4
18	<i>Mb-e</i>	A	0 - 33	Fr	Gm3	1.24	2.65	53.2	16.7	32.7	53.2	0.16	22.19	5YR 4/4 7.5YR
20	<i>Mb-my-e</i>	A	0 - 23	Fr	Gf3	1.23	2.65	53.6	16.0	31.4	53.6	0.15	27.95	4/4 2.5YR
21	<i>Ma-my-e</i>	A	0 - 25	Fr	Gm3	1.34	2.65	49.4	13.4	26.5	49.4	0.13	29.83	3/2

## TEXTURA DEL SUELO

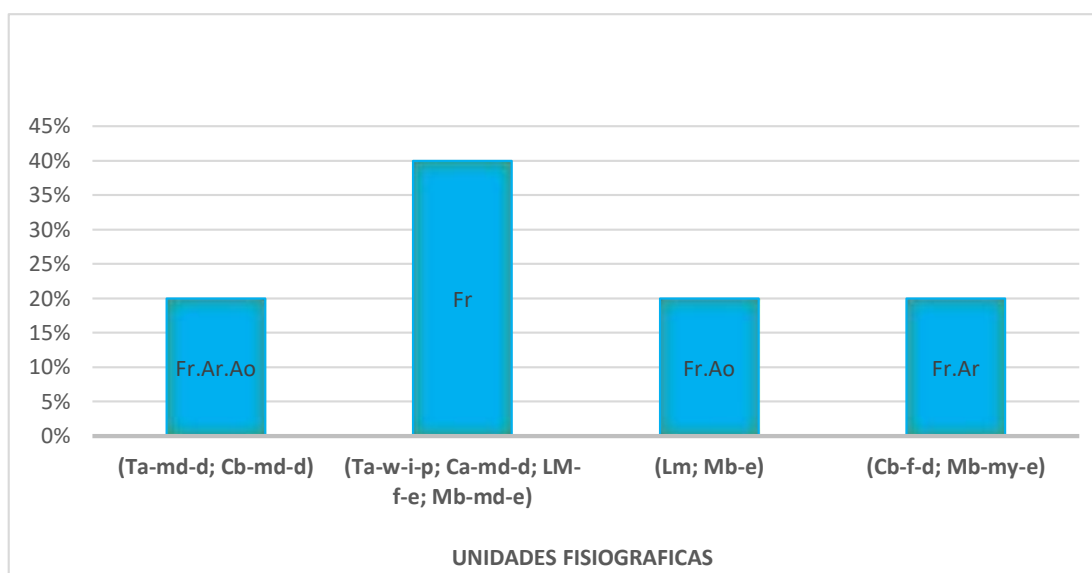
Se define la textura del suelo como la proporción (en porcentaje de peso) de las partículas menores a 2 mm de diámetro (arena, arcilla y limo) existentes en los horizontes del suelo. (Baver, L.D., N.H. Gardner, W.R. Gardner. 1973).

A grandes rasgos se clasifica: Arena  $2\text{ mm} > \varnothing > 0,05\text{ mm}$ ; Limo  $0,05\text{ mm} > \varnothing > 0,002\text{ mm}$  Arcilla  $\varnothing < 0,002\text{ mm}$  La textura del suelo, varía de unos horizontes a otros, siendo una característica propia de cada uno de ellos por lo que es tan importante el análisis de los diferentes horizontes del suelo uno a uno.

A grandes rasgos y una vez definida la textura de los horizontes del suelo, sabemos que esta influye en: La capacidad de retención de agua para las plantas; riesgo de compactación (dificultad de paso de las raíces en horizontes muy arcillosos); disponibilidad de nutrientes; erosionabilidad; rendimiento de los cultivos; comportamiento frente al laboreo. Es por estas razones que desde el punto de vista agrícola, la clase textural puede favorecer o perjudicar el desarrollo vegetativo de los cultivos, así como es determinante en la fase de intercambio.

**Textura de los suelos degradados.** Del total de unidades fisiográficas estudiadas en la provincia de Padre Abad, en cuanto a la textura de sus capas arables, es decir los horizontes Ap, se ha

encontrado que en el 40% de las unidades estudiadas, la textura es Franco (Fr), y corresponde a las unidades de Terraza alta de drenaje imperfecto a pobre (**Ta-w-i-p**), Colina alta moderadamente disectada (**Ca-md-d**), Ladera de montaña fuertemente empinada (**LM-f-e**), Montaña baja moderadamente empinada (**Mb-md-e**), en condiciones normales suelos con esta textura tienen una buena distribución de partículas que facilitan una buena retención de agua, buena circulación de aire y buena porosidad, salvo que hayan sido alteradas por procesos de compactación; el 20% de las unidades fisiográficas presentan una textura Franco Arcillo Arenoso (Fr.Ar.Ao) y corresponde a la Terraza alta moderadamente disectada (**Ta-md-d**) y Colina baja moderadamente disectada (**Cb-md-d**), otro 20% de las unidades fisiográficas tienen una textura Franco arenoso (Fr.Ao) y corresponde a: Lomada (**Lm**) y: Montaña baja empinada (**Mb-e**) finalmente el 20% restante de las unidades fisiográficas en estudio es de textura Franco Arcilloso (Fr.Ar) y corresponde a Colina baja fuertemente disectada (**Cb-f-d**) y: Montaña baja muy empinada (**Mb-my-e**), como se muestra en el Cuadro 1 y Figura 6.



**Figura 6.** Variación de la textura en la capa arable (horizonte Ap) en los suelos degradados de las unidades fisiográficas estudiadas en la provincia de Padre Abad. Ucayali, Perú.

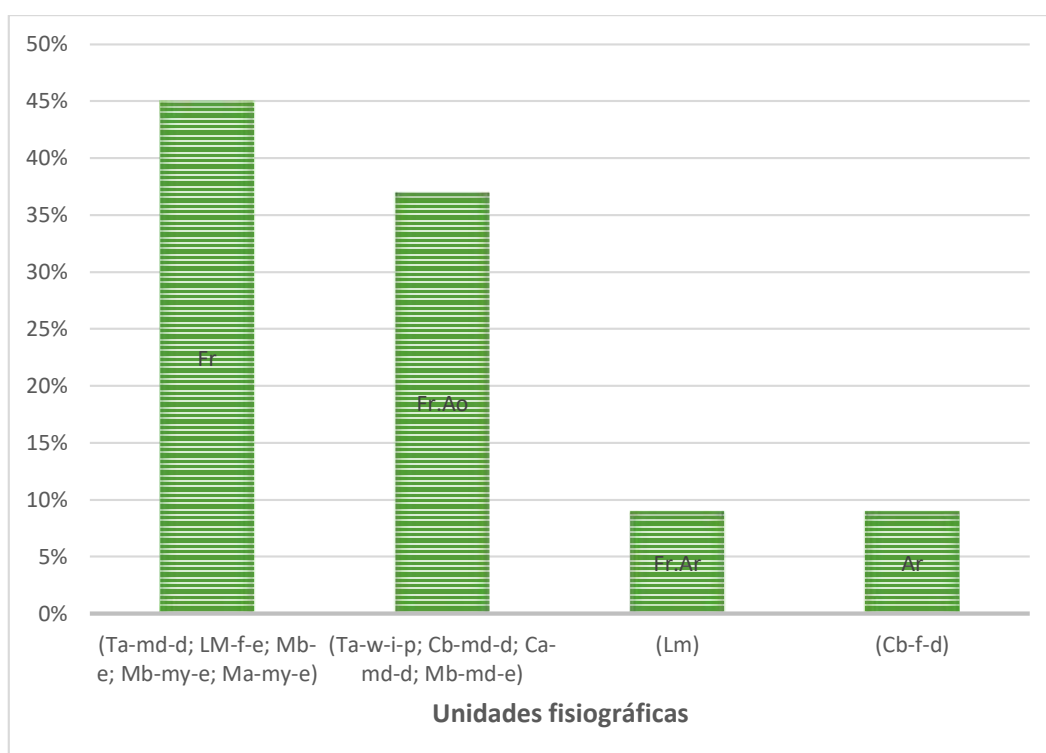
### Leyenda

<b>Ta-md-d:</b>	Terraza alta moderadamente disectada
<b>Cb-md-d:</b>	Colina baja moderadamente disectada
<b>Ta-w-i-p:</b>	Terraza alta de drenaje imperfecto a pobre
<b>Ca-md-d:</b>	Colina alta moderadamente disectada
<b>LM-f-e:</b>	Ladera de montaña fuertemente empinada
<b>Mb-md-e:</b>	Montaña baja moderadamente empinada
<b>Mb-e:</b>	Montaña baja empinada
<b>Mb-my-e:</b>	Montaña baja muy empinada
<b>Cb-f-d:</b>	Colina baja fuertemente disectada
<b>Lm:</b>	Lomada

**Textura en suelos con bosques primarios (no degradados).** Del total de unidades fisiográficas estudiadas en la provincia de Padre Abad, en cuanto a la textura de sus horizontes A, se ha encontrado que en el 45% de las unidades estudiadas, la textura es Franco (Fr), y corresponde a las unidades de Terraza alta moderadamente disectada (**Ta-md-d**), Ladera de montaña fuertemente empinada (**LM-f-e**), Montaña baja empinada (**Mb-e**), Montaña baja muy empinada



(Mb-muy-e) y Montaña alta muy empinada (Ma-my-e), en bosques primarios no perturbados, suelos con esta textura tienen una buena distribución de partículas que facilitan una buena retención de agua, buena circulación de aire y buena porosidad; el 37% de las unidades fisiográficas presentan un textura Franco Arenoso (Fr.Ao), con predominancia de la fracción arena y que facilitan una mayor circulación del aire y del agua y corresponde a Terraza alta de drenaje imperfecto a pobre (Ta-w-i-p), Colina baja moderadamente disectada (Cb-md-d), Colina alta moderadamente disectada (Ca-md-d) y Montaña baja moderadamente empinada (Mb-md-e); el 9% de las unidades fisiográficas, es de textura Franco Arcilloso (Fr.Ar) y corresponde a Lomadas (Lm) y el otro 9% restante es de textura Arcilla (Ar) y corresponde a una Colina baja fuertemente disectada (Cb-f-d) como se observa en el Cuadro 2 y Figura 7.



**Figura 7.** Variación de la textura en los horizontes A en los suelos con bosques primarios en las unidades fisiográficas estudiadas en la provincia de Padre Abad. Ucayali, Perú.

Como se muestran en las Figuras 6 y 7, la clase textural predominante tanto en los suelos degradados como en bosques primarios es el Franco (Fr), en el primer caso en el 40% de los suelos de las unidades fisiográficas y en el segundo caso en el 45%; se han encontrado también las clases texturales Franco Arenoso (Fr.Ao), Franco Arcilloso (Fr.Ar) y Arcilla (Ar).

## LA DENSIDAD APARENTE

El valor de la densidad aparente es un parámetro necesario en varios cálculos relacionados con el suelo, como son: a) Calcular el peso de un determinado volumen de suelo. b) Transformar el contenido de humedad gravimétrico del suelo, a contenido volumétrico. c) Calcular la porosidad total del suelo, cuando se conoce su densidad real.

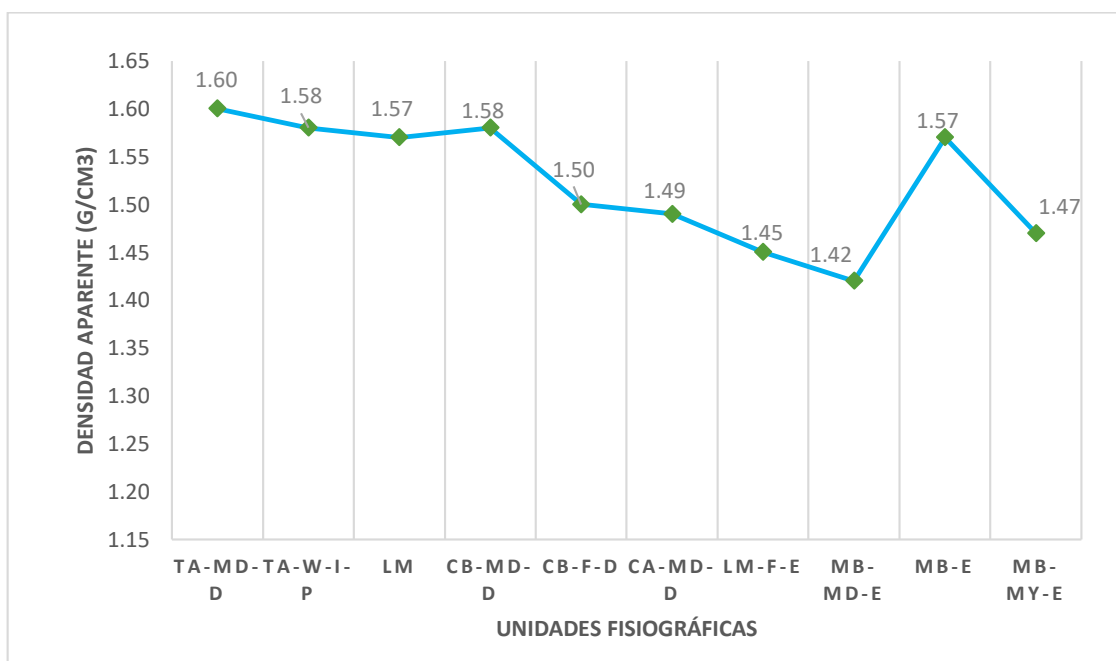
Aparte de lo anterior, es un estimador del grado de compactación del suelo, ya que si se está presentando este problema, la densidad aparente se incrementa; también es un indicador de altos contenidos de materia orgánica en el suelo, puesto que ellos reducen el valor de dicha densidad.

Debido a la facilidad con la cual se puede medir esta propiedad, se ha utilizado como parámetro para estimar el grado de deterioro del suelo, teniendo en cuenta que a medida que aumenta su valor, se está produciendo una degradación de la estructura del mismo, bien sea por compactación o por pérdida de materia orgánica.

### La densidad aparente en los suelos degradados de las unidades fisiográficas predominantes de la Provincia de Padre Abad.

De manera general los suelos de todas las unidades fisiográficas que fueron estudiadas, en lo que corresponde a la capa arable u horizonte Ap, presentan valores de densidad aparente altos y muy altos; tal es así que los suelos de textura Franca (Fr) normalmente deben presentar una densidad entre 1,3 y 1,35 g/cm<sup>3</sup>, sin embargo se ha encontrado que en estos suelos y en esta textura la densidad varía desde 1,42 g/cm<sup>3</sup> (alto) hasta 1,58 g/cm<sup>3</sup> (muy alto), lo que nos está indicando que estos suelos están compactados y muy compactados; en los Franco arenosos (Fr.Ao) y Franco Arcillo Arenosos (Fr.Ar.Ao) la densidad aparente oscila entre 1,57 y 1,59 g/cm<sup>3</sup>; en los Franco Arcillosos (Fr.Ar) la densidad aparente está entre 1,47 y 1,50 g/cm<sup>3</sup>, valores considerados como muy altos, donde prácticamente se ha deteriorado la porosidad, complicando la circulación del aire y agua del suelo.

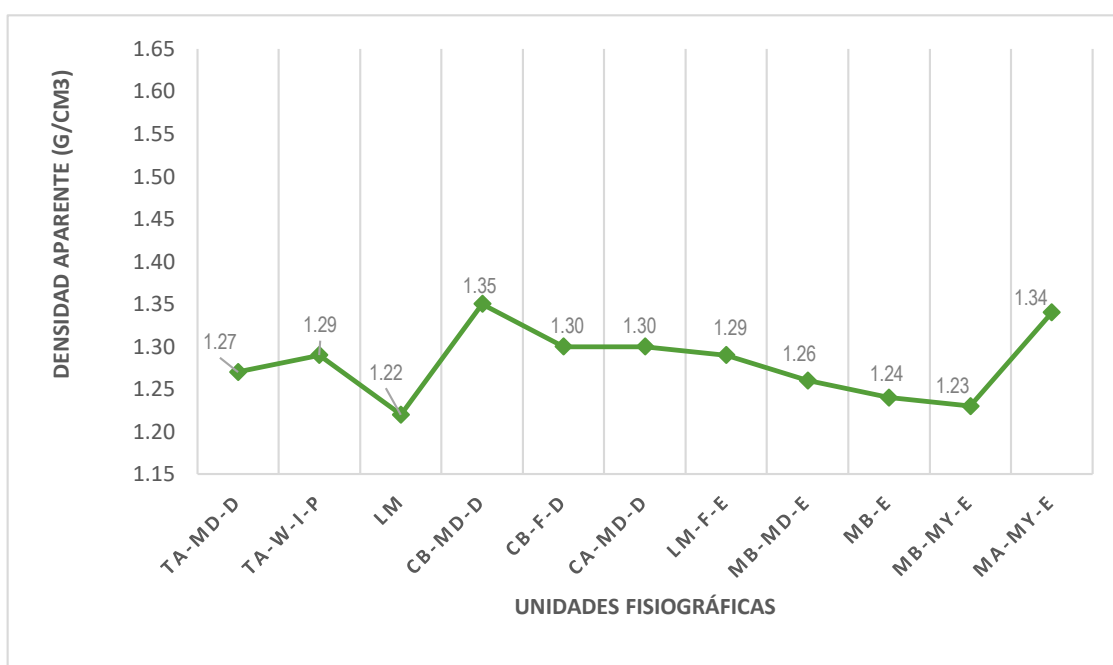
De manera general en estos suelos dedicados al sobrepastoreo, pastoreo y algunos a la agricultura, la densidad aparente varía desde 1,42 g/cm<sup>3</sup> en una Montaña baja moderadamente empinada (Mb-md-d) hasta 1,60 g/cm<sup>3</sup> en una terraza alta moderadamente disectada (Ta-md-d) como se muestra en la Figura 8.



**Figura 8.** Variación de la densidad aparente en la capa arable (horizontes Ap) en los suelos degradados de las unidades fisiográficas estudiadas en la provincia de Padre Abad. Ucayali, Perú.

## La densidad aparente en los suelos de bosques primarios de las unidades fisiográficas predominantes de la provincia de Padre Abad.

La densidad aparente en los suelos con bosques primarios en todas las unidades fisiográficas se encuentran dentro de los valores normales que corresponden a suelos que no han sufrido ningún tipo de alteración, y responden a los factores que influyen en este parámetro, como es la clase textural, el contenido de materia orgánica y contenido de humedad. En lo que corresponde al horizonte A, presentan valores de densidad aparente bajos que es lo normalmente esperado, sin embargo estos parámetros no estaban cuantificados. Como se puede observar en la Figura 9, la densidad aparente varía de 1,22 g/cm<sup>3</sup> en bosques de lomadas (Lm) a 1,35 g/cm<sup>3</sup> en bosque de colinas bajas moderadamente disectadas (Cb-md-d).



**Figura 9.** Variación de la densidad aparente en los horizontes A en los suelos con bosques primarios en las unidades fisiográficas estudiadas en la provincia de Padre Abad, Ucayali, Perú.

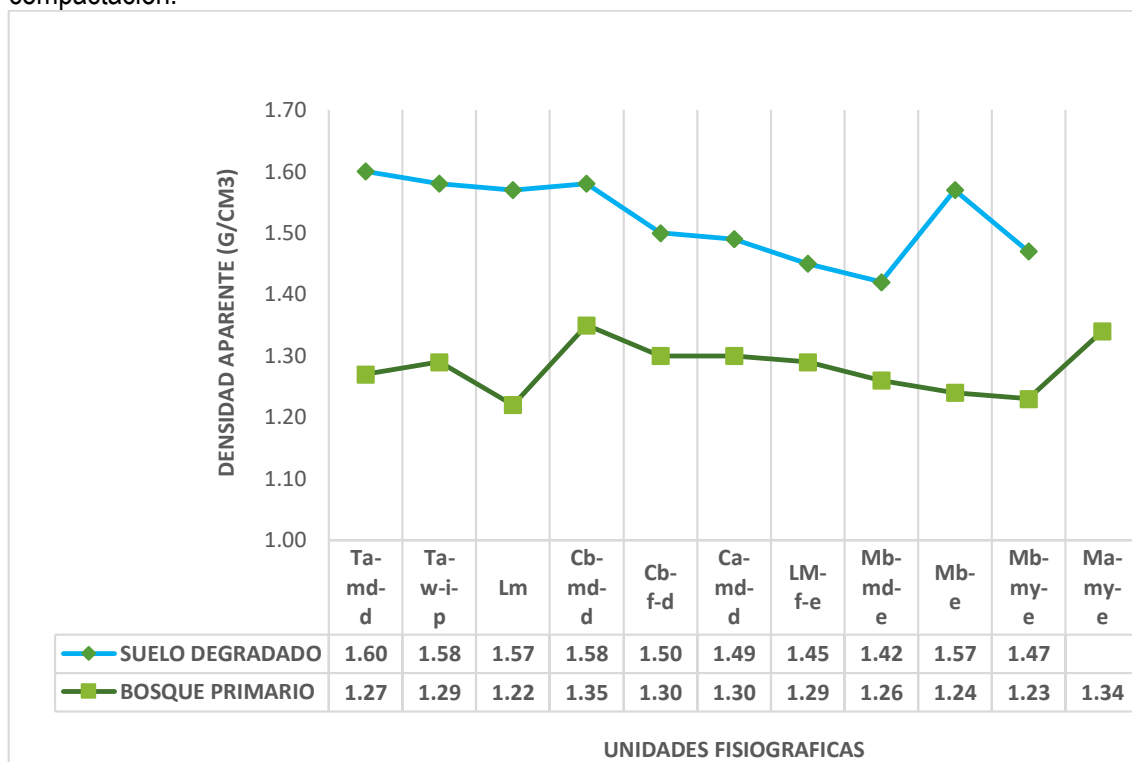
Se ha encontrado que en el 27% de los suelos con bosques primarios la densidad aparente oscila entre 1,22 y 1,24 g/cm<sup>3</sup> y corresponden a la lomada (Lm), montaña baja muy empinada (Mb-my-e) y montaña baja empinada (Mb-e); en el 55% de los suelos con bosques primarios la densidad aparente varía entre 1,26 y 1,30 g/cm<sup>3</sup> g/cm<sup>3</sup> y corresponden a montaña baja moderadamente empinada (Md-md-e), terraza alta moderadamente disectada (Ta-md-d), terraza alta de drenaje imperfecto a pobre (Ta-w-i-p), ladera de montaña fuertemente empinada (LM-f-e), colina baja fuertemente disectada Cb-f-d) y colina alta moderadamente disectada (Ca-md-d); y en el 18% restante de suelos con bosques la densidad aparente es de 1,34 y 1,35 g/cm<sup>3</sup> y corresponde a la montaña alta muy empinada (Ma-my-e) y colina baja moderadamente disectada (Cb-md-d), tal como se aprecia en la Figura 9.

### Variación de la densidad aparente entre los suelos degradados y los suelos con bosques primarios en las unidades fisiográficas de la provincia de Padre Abad.

Se ha encontrada que la densidad aparente en los suelos degradados en todas las unidades fisiográficas es ampliamente superior a la densidad aparente en los suelos con bosques primarios

(suelos no degradados). En el primer caso varía de 1,42 a 1,60 g/cm<sup>3</sup> y el segundo caso varía de 1,22 a 1,35 g/cm<sup>3</sup>. Figura 10.

Estos resultados confirman la presunción de que luego del desbosque y el cambio de uso de la tierra, estos suelos entran en un proceso de degradación física, llevando a éstos a condiciones de compactación.



**Figura 10.** Variación de la densidad aparente en suelos degradados (horizontes Ap) y suelos con bosques primarios (horizonte A) en las unidades fisiográficas estudiadas en la provincia de Padre Abad, Ucayali, Perú.

## POROSIDAD

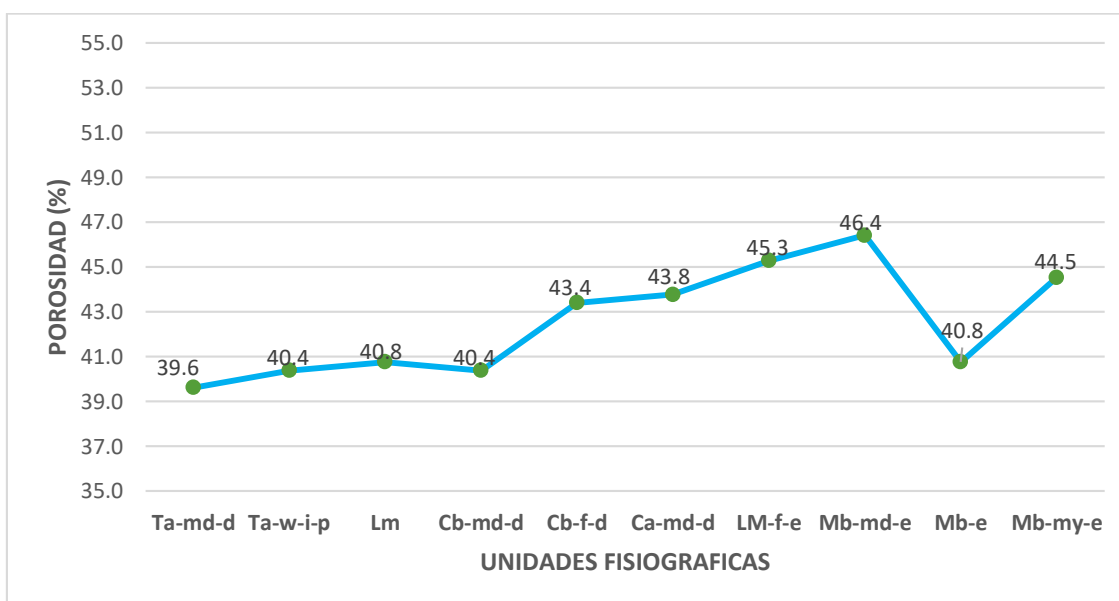
Se define como el espacio de suelo que no está ocupado por sólidos y se expresa en porcentajes. Se define también como la porción de suelo que está ocupada por aire y/o por agua. En suelos secos los poros estarán ocupados por aire y en suelos inundados, por agua. Los factores que la determinan son principalmente la textura, estructura y la cantidad de materia orgánica (Donoso, 1992).

Los poros que constituyen el espacio poroso del suelo se encuentran en un rango continuo de tamaño, sin embargo se dividen usualmente en dos tipos: los *macroporos* y los *microporos* o poros capilares. La tasa de movimiento del agua y del aire a través del suelo es determinada, en gran medida, por el tamaño de los poros. Los macroporos facilitan una rápida percolación del agua y el movimiento del aire, en tanto que los microporos dificultan el movimiento del aire y retienen gran cantidad de agua por capilaridad; por consiguiente, los microporos son muy importantes en lo que se refiere a la retención del agua en el suelo, y los macroporos son de gran valor en lo que se refiere a la aireación y al drenaje interno del suelo. (Donoso, 1992).

## La Porosidad en los suelos degradados de las unidades fisiográficas predominantes de la Provincia de Padre Abad.

Contrariamente a la densidad aparente, la porosidad en los suelos de las unidades fisiográficas que han sido estudiados, se encuentra en porcentajes que de manera general se pueden considerar bajos, toda vez que existe una relación inversamente proporcional entre la densidad aparente y la porosidad, es decir a mayor densidad menor porosidad.

En suelos degradados de la zona de estudio, la porosidad fluctúa entre 39,6% en terrazas altas moderadamente disectadas (Ta-md-d) y 46,4% en montaña baja moderadamente empinada (Mb-md-e). En el 50% de los suelos de las unidades fisiográficas, la porosidad está entre 39,6 y 40,8% considerados como de muy baja porosidad que en situaciones normales correspondería a suelos de textura gruesa (arenosos) y con bajo contenido de materia orgánica, sin embargo como se ha visto en la Figura 6, el 80% de los suelos tienen texturas que están entre Franco (Fr), Franco arcillo arenoso (Fr. Ar.Ao) y franco arcilloso (Fr.Ar). En el 50 % restante, la porosidad varía entre 43,4 y 46,4% que son consideradas como bajas. Estos porcentajes de porosidad nos confirman que estos suelos se encuentran altamente compactados. Cuadro 1 y Figura 11.



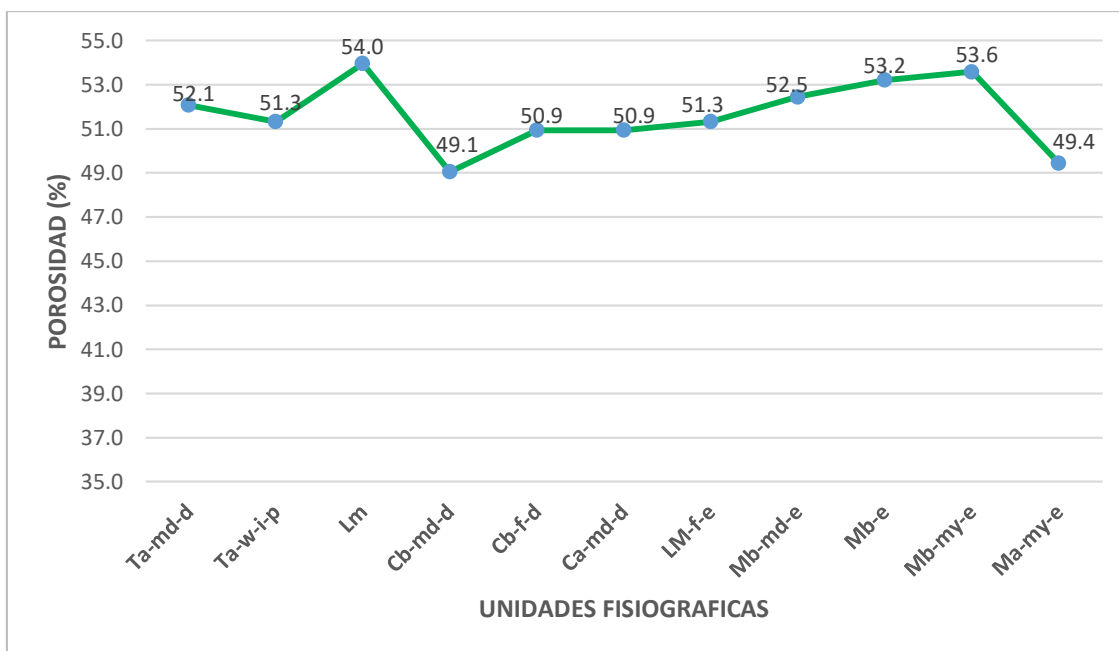
**Figura 11.** Variación de la porosidad en la capa arable (horizonte Ap) en los suelos degradados de las unidades fisiográficas estudiadas en la provincia de Padre Abad. Ucayali, Perú.

## La Porosidad en los suelos de bosques primarios (no degradados) de las unidades fisiográficas predominantes de la Provincia de Padre Abad.

La porosidad en los suelos con bosques primarios de las unidades fisiográficas que han sido estudiados, se encuentra en porcentajes que de manera general se pueden considerar entre porosidad normal y alta porosidad; también en este caso existe una relación inversamente proporcional entre la densidad aparente y la porosidad, es decir a menor densidad aparente, mayor porosidad.

En suelos con bosques primarios de la zona de estudio, la porosidad está entre 49,1 y 54,0 % considerados como suelos de buena porosidad que responden a su clase textural y al contenido de materia orgánica no habiendo intervenido otro factor que haya perturbado esta propiedad física. Como se muestra en la **Figura 7**, los suelos tienen texturas que están entre Franco (Fr), Franco

arenoso (Fr. Ao), Franco arcilloso (Fr.Ar) y Arcilla (Ar). Solo en el 18% de los suelos la porosidad está ligeramente por debajo del 50%, en la colina baja moderadamente disectada (Cb-md-d) con 49,1% y la montaña alta muy empinada (Ma-my-e) con 49,4%; en todos los demás suelos el porcentaje de porosidad supera el 50 % con valores entre 50,9 y 54,0%, demostrándose que estos suelos no presentan ningún grado de compactación, tal como se puede apreciar en la Figura 12.



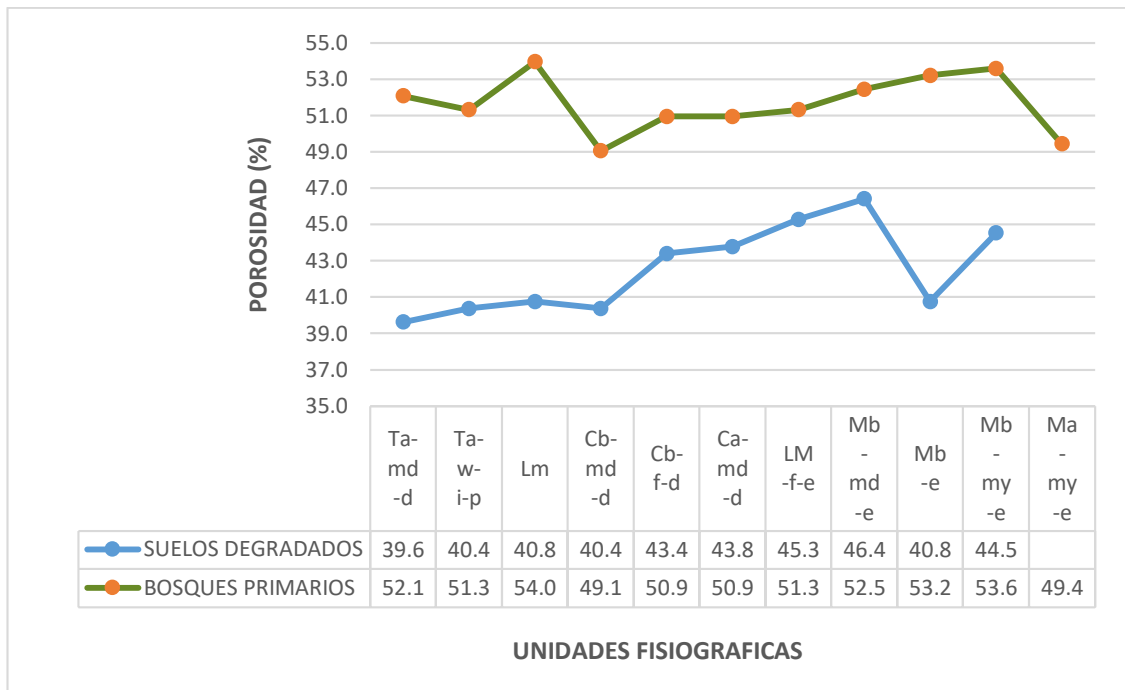
**Figura 12.** Variación de la porosidad en el horizonte A en suelos con bosques primarios en las unidades fisiográficas estudiadas en la provincia de Padre Abad, Ucayali, Perú.

El espacio poroso de los suelos forestales está corrientemente ocupado por aire y agua en proporciones que cambian con frecuencia. La porosidad de estos suelos fluctúa entre 30y 65 % (Wilde, 1959, citado por Donoso, 1997), siendo más porosos los suelos de texturas medias a finas y menos los suelos de texturas gruesas.

### **Variación de la porosidad entre los suelos degradados y los suelos con bosques primarios en las unidades fisiográficas de la provincia de Padre Abad.**

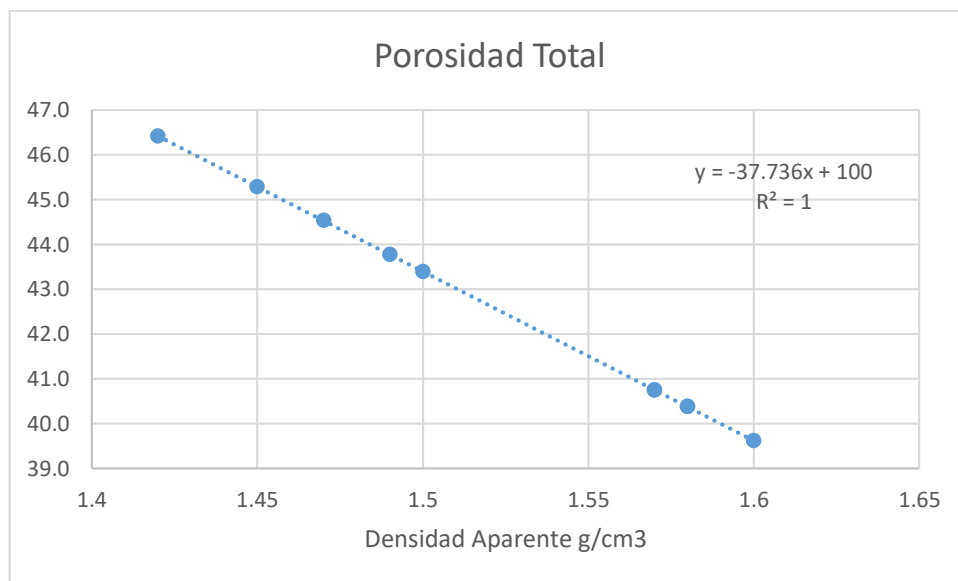
Se ha encontrada que la porosidad total en los suelos degradados en todas las unidades fisiográficas es ampliamente inferior a la porosidad en los suelos con bosques primarios (suelos no degradados). En el primer caso varía de 39,6 a 46,4% y el segundo caso varía de 49,1 a 54,0% Figura 13.

Estos resultados confirman la presunción de que luego del desbosque y el cambio de uso de la tierra, estos suelos entran en un proceso de degradación física, llevando a éstos a condiciones de compactación, lo que no ocurre en los suelos con bosques primarios.

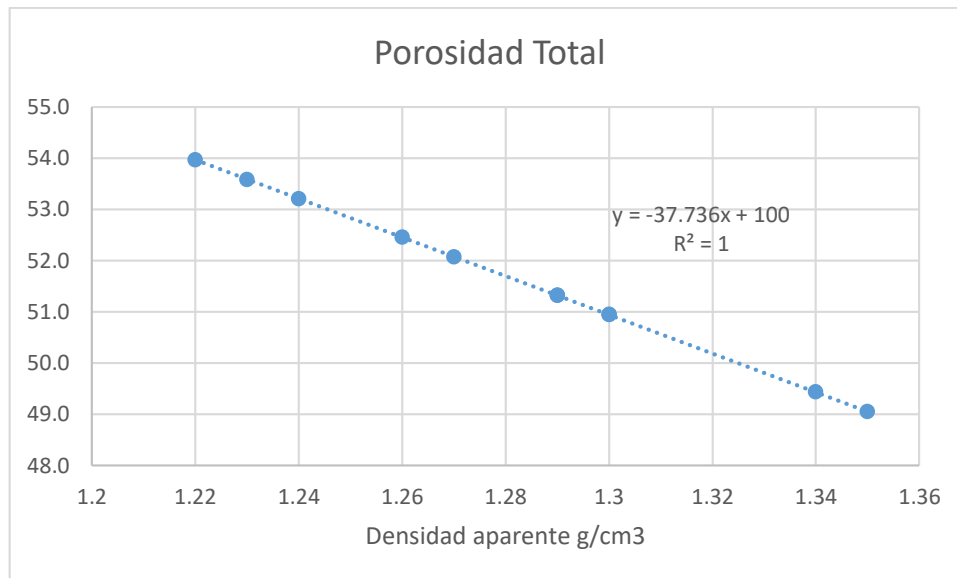


**Figura 13.** Variación de la porosidad en suelos degradados (horizontes Ap) y suelos con bosques primarios (horizonte A) en las unidades fisiográficas estudiadas en la provincia de Padre Abad. Ucayali, Perú.

La porosidad del suelo tiene importancia especial porque constituye el medio por el cual el agua penetra al suelo y pasa a través de él para abastecer a la raíces y finalmente drenar el área; y también el espacio donde las raíces de las plantas y la fauna tienen una atmósfera es decir, constituye la fuente de donde aquéllos obtienen el aire. La alta porosidad del suelo es indicadora de buen sitio si se comparan dos suelos similares en otras características. En cambio, suelos de baja porosidad indican normalmente sitios malos (Lutz y Chandier, 1959) citado por Donoso, (1997). Por lo tanto, la porosidad de los suelos influye en la distribución de la vegetación y en las decisiones que se tomen respecto a su manejo.



**Figura 14.** Relación entre la densidad aparente y la porosidad en la capa arable (horizonte Ap) en los suelos degradados de las unidades fisiográficas estudiadas en la provincia de Padre Abad. Ucayali, Perú.



**Figura 15.** Relación entre la densidad aparente y la porosidad en el horizonte A de los suelos con bosques primarios en las unidades fisiográficas estudiadas en la provincia de Padre Abad. Ucayali, Perú.

## CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA

Esta cualidad es la que define las posibilidades que tiene el agua de moverse dentro del suelo; la propiedad que se mide para evaluar dicha posibilidad se conoce como conductividad hidráulica del

suelo y se representa como  $K_s$  o simplemente  $K$ ; por su definición, es una cualidad que se relaciona estrechamente con el drenaje del suelo.

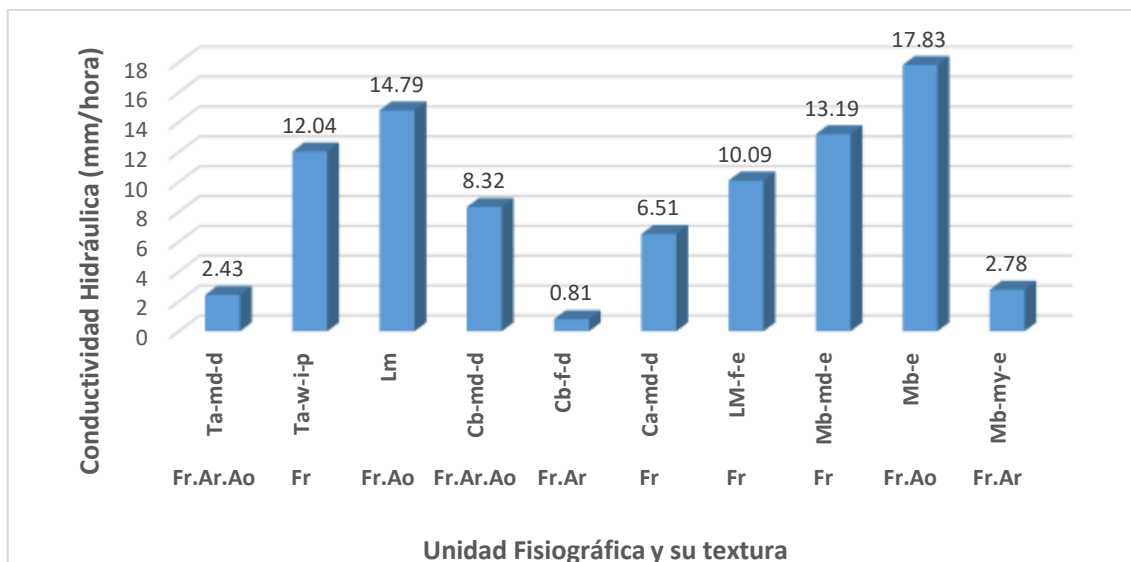
La conductividad hidráulica del suelo es fuertemente dependiente de su contenido de humedad y puede disminuir varios órdenes de magnitud al pasar del estado de saturación a punto de marchitez permanente (Hanks y Ashcroft, 1980). La conductividad hidráulica del suelo es máxima cuando está saturado, pues todos los poros están llenos con agua y actúan como conductores; además, a mayor tamaño de poros, mayor es la conductividad, por lo cual es una propiedad que depende fuertemente de la estructura, la textura y la composición mineralógica de las arcillas.

### Conductividad hidráulica en los suelos degradados de las unidades fisiográficas predominantes de la provincia de Padre Abad.

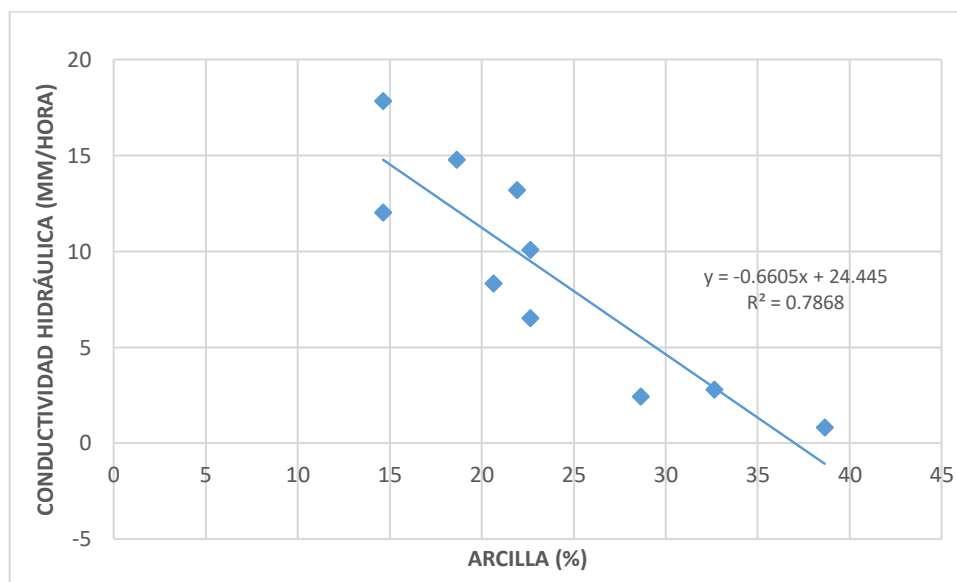
Como se muestra en la Figura 16 la conductividad hidráulica en los suelos degradados de las unidades fisiográficas estudiadas, es muy variable.

Se ha encontrado valores bajos de conductividad hidráulica que solo fluctúan entre 0,81 mm/hora en colinas bajas fuertemente disectadas (Cb-f-d), 2,43 mm/hora en terrazas altas moderadamente disectadas (Ta-md-d) y 2,78 mm/hora en montañas bajas muy empinadas (Mb-my-e); si bien es cierto la baja conductividad hidráulica tiene que ver con el grado de compactación de estos suelos, que está entre muy alto y alto por tratarse de pasturas degradadas y pasturas en pleno uso, pero el factor que más influye en esta propiedad física es el considerable contenido de la fracción arcilla que es de 38,64, 28,64 y 32,64% respectivamente, habiéndose encontrado una alta relación inversamente proporcional ( $R^2 = 0,7868$ ) entre el contenido de arcilla y la conductividad hidráulica, como se aprecia en la Figura 17.



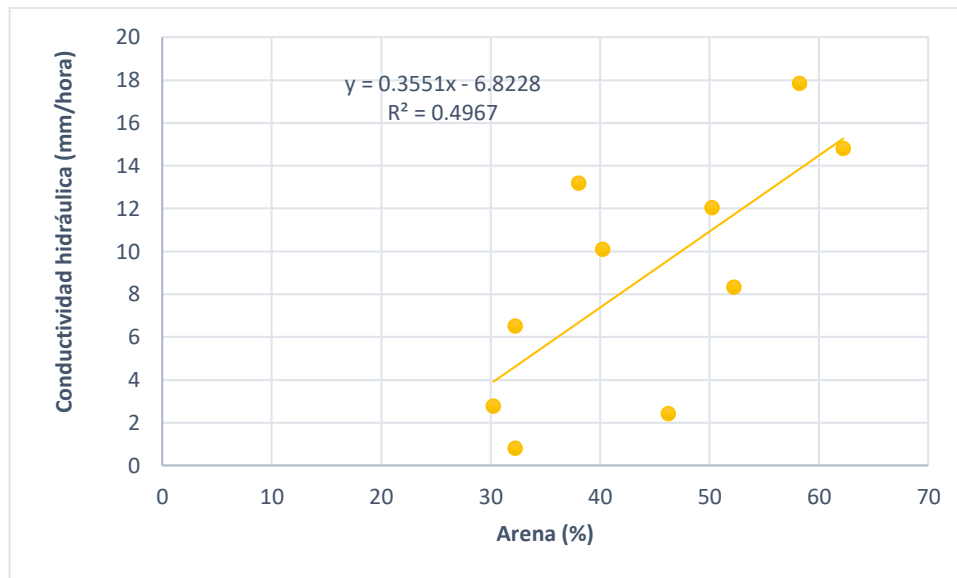


**Figura 16.** Variación de la conductividad hidráulica en la capa arable (horizonte Ap) en los suelos degradados de las unidades fisiográficas estudiadas en la provincia de Padre Abad. Ucayali, Perú.



**Figura 17.** Relación entre el contenido de la fracción Arcilla y la conductividad hidráulica en la capa arable (horizonte Ap) de los suelos degradados de las unidades fisiográficas estudiadas en la provincia de Padre Abad. Ucayali, Perú.

En los suelos de textura Franca (Fr), la conductividad hidráulica es de valores medios, que fluctúan entre 6,51 y 13,19 mm/hora y corresponden a colinas altas moderadamente disectadas (Ca-md-d), laderas de montaña fuertemente disectadas (LM-f-d), terraza alta con drenaje imperfecto a pobre (Ta-w-i-p) y montañas bajas moderadamente empinadas (Mb-md-e). En los suelos de textura gruesa como son los Franco arenosos (Fr.Ao), la conductividad hidráulica es de valores superiores, que están entre 14,79 y 17,83 mm/hora; esto se debe al mayor contenido de la fracción arena, habiéndose encontrado una relación significativa directamente proporcional entre el contenido de arena y la conductividad hidráulica ( $R^2= 0,4967$ ), como se presenta en la Figura 18.



**Figura 18.** Relación entre el contenido de la fracción arena y la conductividad hidráulica en la capa arable (horizonte Ap) de los suelos degradados de las unidades fisiográficas estudiadas en la provincia de Padre Abad. Ucayali, Perú.

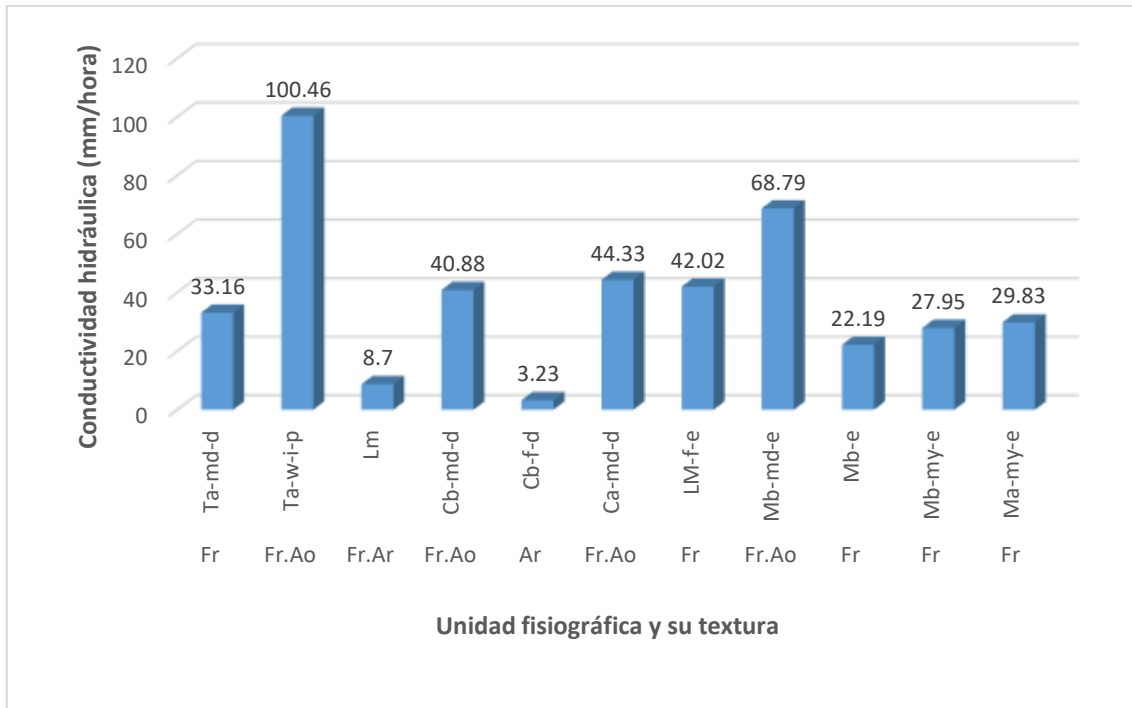
**Conductividad hidráulica en suelos con bosques primarios de las unidades fisiográficas predominantes de la provincia de Padre Abad.**

Como se muestra en la Figura 19, también en el caso de los suelos con bosques primarios, la conductividad hidráulica es muy variable, pero en este caso los valores responden a la clase textural de suelo, en el caso anterior se hizo notar que el factor compactación intervenía fuertemente además de la textura del suelo.

En los suelos con texturas Franco arenosos (Fr.Ao) se han encontrado las tasas de conductividad hidráulica con valores que están entre 40,88 y 100,46 mm/hora y que corresponden a colinas altas moderadamente disectadas (Ca-md-d), montaña baja moderadamente empinada (Mb-md-e) y terrazas altas con drenaje imperfecto a pobre (Ta-W-i-p), en estos suelos predomina la fracción arena y representan el 27% de todas las unidades estudiadas.

En los suelos de textura Franca (Fr), la conductividad varía de 22,19 mm/hora a 42,02 mm/hora que corresponden a montaña baja empinada (Mb-e), montaña baja muy empinada (Mb-my-e), montaña alta muy empinada (Ma-my-e), terraza alta moderadamente disectada (Ta-md-d) y ladera de montaña fuertemente empinada (LM-f-e); en estos suelos se tiene una buena distribución de las fracciones de arena, limo y arcilla, sin clara predominancia de ninguna de ellas y representan el 45% de los suelos estudiados.

En el caso de los suelos de textura fina, como es el caso de las lomadas (Lm), se ha encontrado que la clase textural corresponde a un franco Arcilloso (Fr.Ar), y en el caso de las colinas bajas fuertemente disectadas (Cb-f-d), la textura corresponde a una Arcilla (Ar), la conductividad hidráulica es muy baja, con valores de 8,7 y 3,23 mm/hora respectivamente representando el 18% de los suelos de todas las unidades fisiográficas estudiadas; esto como se ha explicado anteriormente esta baja conductividad se debe al alto contenido de arcilla en ambos casos sin mayor incidencia del factor compactación. Figura 19.

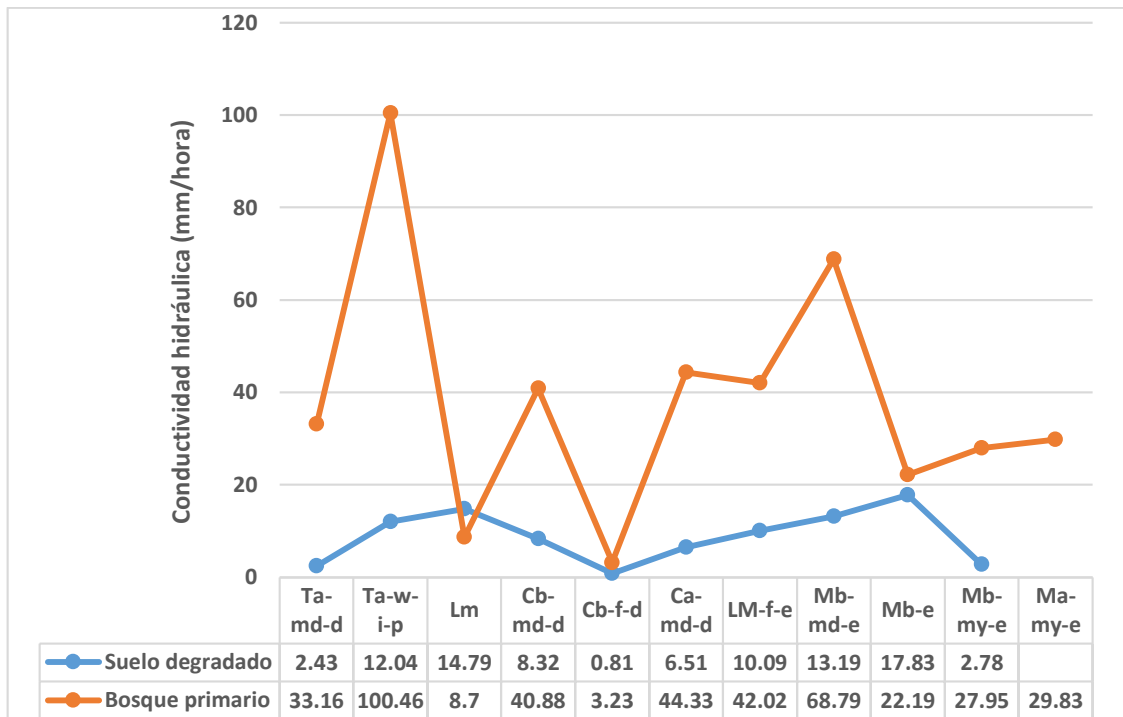


**Figura 19.** Variación de la conductividad hidráulica en el horizonte A en los suelos con bosques primarios de las unidades fisiográficas estudiadas en la provincia de Padre Abad. Ucayali, Perú.

**Variación de la conductividad hidráulica entre los suelos degradados y los suelos con bosques primarios en las unidades fisiográficas de la provincia de Padre Abad.**

Se ha encontrado que la conductividad hidráulica en los suelos degradados y en todas las unidades fisiográficas es ampliamente inferior a la conductividad hidráulica en los suelos con bosques primarios (suelos no degradados). En el primer caso varía de 2,43 a 17,83 mm/hora y el segundo caso (bosques primarios) varía de 3,23 a 100,46 mm/hora, a excepción de los suelos de lomada (Lm) único caso en donde la conductividad hidráulica es ligeramente superior en suelos degradados con relación a los suelos con bosques primarios, y esto se debe al alto contenido de Arcilla (38,64) en el horizonte A de bosques primarios frente a 18,64% en el suelo degradado, como se muestra en La Figura 20. Otro caso que hay que destacar son las bajas tasas de conductividad tanto en el suelo degradado como en el suelo con bosque primario 0,81 y 3,23 mm/hora respectivamente y se debe a que en ambos suelos el contenido de arcilla (Ar) es alto y muy alto llegando a 38,64% en el primer caso y 42,92% en el caso de bosques primarios.

Estos resultados confirman el hecho, de que luego del desbosque y el cambio de uso de la tierra, estos suelos entran en un proceso de degradación física, llevando a éstos a condiciones de compactación, lo que hace que esta propiedad física se vea alterado, lo que no ocurre en los suelos con bosques primarios.



**Figura 20.** Variación de la conductividad hidráulica en suelos degradados (horizontes Ap) y suelos con bosques primarios (horizonte A) en las unidades fisiográficas estudiadas en la provincia de Padre Abad, Ucayali, Perú.

## CONCLUSIONES

1. Con la información climática obtenida y analizada se ha definido que el régimen de temperatura de los suelos de la provincia de Padre Abad, corresponde al Isohiperthermic y el de humedad al régimen Udic; además en las partes depresionadas de las terrazas altas y colinas en general se presenta el régimen de humedad Aquic.
2. El clima, la vegetación y el relieve son los factores que más activamente han actuado en la formación de todos los suelos de la provincia.
3. Se han identificado en la zona de estudio, tres (03) unidades fisiográficas bien definidas: terrazas (altas), colinas (bajas y altas) y montañas (bajas y altas).
4. Morfológicamente se han encontrado perfiles tipo A/C; perfiles tipo A/B/C y perfiles de suelo tipo O/A/B/C.
5. La clase textural predominante tanto en suelos degradados como en suelos con bosques primarios es Franco (Fr), seguido de la clase textural Franco Arenoso (Fr.Ao) y Franco Arcilloso (Fr.Ar).
6. Los suelos degradados presentan una alta densidad aparente independientemente de su clase textural con valores que están entre 1,47 y 1,60 g/cm<sup>3</sup>; en tanto que en los suelos con bosques primarios se ha encontrado bajos valores de densidad aparente que varían entre 1,22 a 1,34 g/cm<sup>3</sup>. Estos resultados nos permiten afirmar que los suelos degradados están compactados.

7. El porcentaje de porosidad es marcadamente superior en suelos con bosques primarios variando entre 49,1 y 54,0%, valores que permiten una buena circulación del agua y el aire; mientras que en los suelos degradados por su estado de compactación la porosidad total es baja con porcentajes entre 39,6 y 46,4%.
8. Se ha encontrado una alta relación inversamente proporcional ( $R^2= 1$ ) entre la densidad aparente y el porcentaje de porosidad; es decir a mayor densidad aparente menor porosidad.
9. La conductividad hidráulica es significativamente superior en los suelos con bosques primarios con porcentajes entre 6,7 y 100,46 mm/hora; mientras que en los suelos degradados los valores solo están entre 0,81 y 17,83 mm/hora. Se ha encontrado una alta relación inversa entre el contenido de arcilla y la conductividad hidráulica ( $R^2= 0,7868$ ) es decir que a mayor arcilla menor conductividad; para el caso de la relación entre el contenido de arena y la conductividad hidráulica también se ha encontrado una significativa relación directa ( $R^2= 0.4967$ ) es decir que a mayor arena mayor conductividad.

### **AGRADECIMIENTOS**

A la Universidad Nacional de Ucayali por el financiamiento como parte de un proyecto de investigación de la Facultad de Ciencias forestales y Ambientales. Al Dr. Ítalo Alejos Patiño, por su invaluable apoyo en la consolidación de este documento mediante su minuciosa revisión. Al Dr. Amaro Zavaleta García, maestro universitario en la UNA "La Molina, permanente consejero por su valioso apoyo durante mi formación en la especialidad de suelos y su apoyo para la ejecución de este trabajo. A la Dra. Otilia Hernández Panduro, por su apoyo y facilidades para la ejecución y culminación del presente trabajo. A mis colegas Ingenieros Carlos Fachín Mattos, Fermín Campos Solórzano, Alfonso Muñoz Ruiz, Jorge Espinoza, por su importante apoyo en el trabajo de campo, gabinete y elaboración del presente documento. Al Laboratorio de Análisis de Suelos y Tejidos Vegetales de la Estación Experimental de Pucallpa del Instituto Nacional de Investigación e Innovación Agraria (INIA) por todas las facilidades brindadas para la ejecución y culminación de la presente tesis.

### **BIBLIOGRAFIA**

- Ara, M. 1993. Relaciones suelo – planta – animal en el ecosistema amazónico. Proyecto Suelos Tropicales. Informe Técnico ST – 04. Instituto Nacional de Investigación Agraria. Lima, Perú.
- Baver, L.D., N.H. Gardner, W.R. Gardner. 1973. Física de Suelos. Editorial UTHEA, Primera Edición en español. México.
- Besoain. E. 1985. Mineralogía de Arcillas de Suelos. San José de Costa Rica, IICA. 1216 pág.
- Blum, W.E.H. 1993. Sustainable Land Management with regard to socioeconomic and environmental soil functions. A Holistic Approach. En: R.C. Wood y J. Dumanski (eds) Sustainable Land Management for the 21th Century. 2: 115-124. University of Lethbridge, Canada.
- Blum, W.H. 1998. Basic concepts: degradation, resilience and rehabilitation. pp. 1-16. En R. Lal et al. (eds.). *Methods for Assessment of Soil Degradation*, Advances in Soil Science. CRC Press. Boca Raton, Florida, USA.

Díaz, E. 2000. Génesis, Morfología y Clasificación de algunos suelos de Pucallpa. Tesis M.Sc Universidad Nacional Agraria “La Molina”. Lima, Perú.

Díaz, E. 2015. Programa para la interpretación de análisis de suelos (PIAS).

FAO. 1967. *La Erosión del Suelo por el Agua*. Colección FAO: Fomento de Tierras y Aguas No. 7. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Roma, Italia.

FAO-PNUMA-UNESCO. 1980. *Metodología Provisional para la Evaluación de la Degradación de los Suelos*. Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo de la Agricultura y la Alimentación (FAO). Roma, Italia.

FAO, 1993. Agroforestry Training. Bogor – Indonesia. 1994. Participación de los agricultores en la [selección](#) de las prioridades de la investigación agroforestal en las granjas. J.B. Raintree, Unasyuva # 177, Vol. 45, [Roma](#), [Italia](#). 12 p.

FAO/ PNUD, 1993. El Avance de la Agroforestería en la zona árida o semiárida de [América Latina](#) y el Caribe. [México](#), D.F. Méx. 25 p.

FAO/ HOLANDA-CDF, 1994. Prácticas Agroforestales en el Departamento de Potosí – [Bolivia](#): [Análisis](#) y recomendaciones. Potosí, Bolivia. 40 p.

Fassbender, W.H. 1975. Química de Suelos; con énfasis en suelos de América Latina. Ed. IICA San Jose de Costa Rica.

Lal, R. Y B.A. Stewart. 1990. Soil degradation: a global threat. pp. xiii-xvii. In: R. Lal, B.A. Stewart (eds.) *Soil Degradation*. Advances in Soil Science Vol. 11. Springer- Verlag, New York, NY, USA.

Liittle, Paul. 2013. MEGAPROYECTOS EN LA AMAZONÍA. *Un análisis geopolítico y socio ambiental con propuestas de mejor gobierno para la Amazonía*. Red Jurídica Amazónica – RAMA Derecho, Ambiente y Recursos Naturales – DAR Articulación Regional Amazónica – ARA. Lima, Perú.

López, R. 2002. Degradación del suelo: Causas, procesos, evaluación e investigación. Centro Interamericano de Desarrollo e Investigacion Ambiental y Territorial. Universidad de los Andes. Mérida, Venezuela.

Munsell Color Co. 1954. Munsell Color Charts. Munsell Color Co. Inc. Baltimore 2 Mariland USA.

Pritchett, W. 1986. Suelos Forestales: Propiedades, Conservación y Mejoramiento. Primera Edición. Editorial LIMUSA. México. 634 p.

Sánchez, P:A. 1981. Suelos del Trópico. Características y Manejo. Traducido del inglés por Edilberto Camacho. 1ra. Edic. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. Serie de libros y materiales educativos N° 48. San José de Costa Rica. 660 p.

UNEP. 1982. World Soil Policy. United Nations Environmental Program. Nairobi. Kenya.

USDA-SCS. 1966. *Manual de Conservación de Suelos*. Departamento de Agricultura de EE.UU. Servicio de Conservación de Suelos. Centro Regional de Ayuda Técnica. Agencia para el Desarrollo Internacional. México.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. SOIL CONSERVATION SERVICE.  
1993. Soil Survey Manual. Soil Surv. Div. Staff. U.S. Dep. Agric. Handb. 18.

United States Department of Agriculture. Natural Resources Conservation Service 2012. Keys to soil taxonomy. Soil Survey Staff. Seventh Edition. Documento obtenido por internet.