

## ESTUDIOS PARA ESTABLECER LA LINEA BASE DE SUELOS INALTERADOS EN EL PARAMO DE QUIMSACOCHA

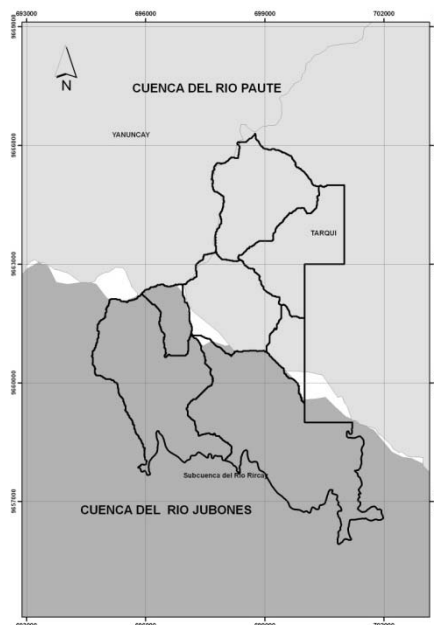
Pedro Cisneros<sup>1</sup>, Jhonatan Cajamarca<sup>1</sup> y Esteban Pacheco<sup>1</sup>

<sup>1</sup> PROGRAMA PARA EL MANEJO DEL AGUA Y SUELO (PROMAS), Universidad de Cuenca. Correo electrónico: [pedro.cisneros@ucuenca.edu.ec](mailto:pedro.cisneros@ucuenca.edu.ec)

### INTRODUCCION

El estudio de los suelos en los páramos herbáceos de gran altitud ha cobrado mucha importancia y connotado interés por parte de la comunidad científica. El aporte que se pone a consideración corresponde a la zona del Paramo de Quimsacocha, zona de especial interés por cuanto en este páramo se encuentra una de las principales concesiones mineras en el Austro ecuatoriano, está ubicada en la divisoria de las cuencas de los ríos Jubones y Paute.

**Figura 1.** Ubicación del área de estudio.



El estudio se ha realizado para establecer la línea base en condiciones prístinas en los principales suelos dentro del área de estudio, los resultados encontrados sirven para establecer comparaciones debido al cambio de uso u otras alteraciones ambientales que podrían suscitarse.

### OBJETIVOS

1. Realizar el levantamiento detallado de los suelos del páramo de Quimsacocha
2. Utilizar la información detallada sobre los horizontes de los suelos estudiados para establecer las características físicas, hidrofísicas y químicas de los suelos inalterados en el área de estudio

### MATERIALES Y METODOS

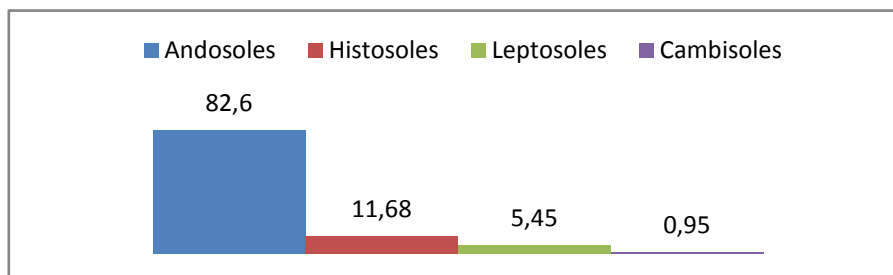
#### Mapa de suelos

Este mapa fue elaborado con una densidad de observaciones de 1 por hectárea, muestra la distribución espacial de los grupos de suelos encontrados. De acuerdo con este mapa, el suelo con mayor superficie dentro de la zona de estudio corresponde a los Andosoles con un 82.86% (2862,6 ha), los Histosoles

con el 11.68% (403.5 ha), los Léptosoles con 5.45% (188.4 ha) y por último los Cámbisoles con el 0.95% (32.8 ha). (Promas, 2009).

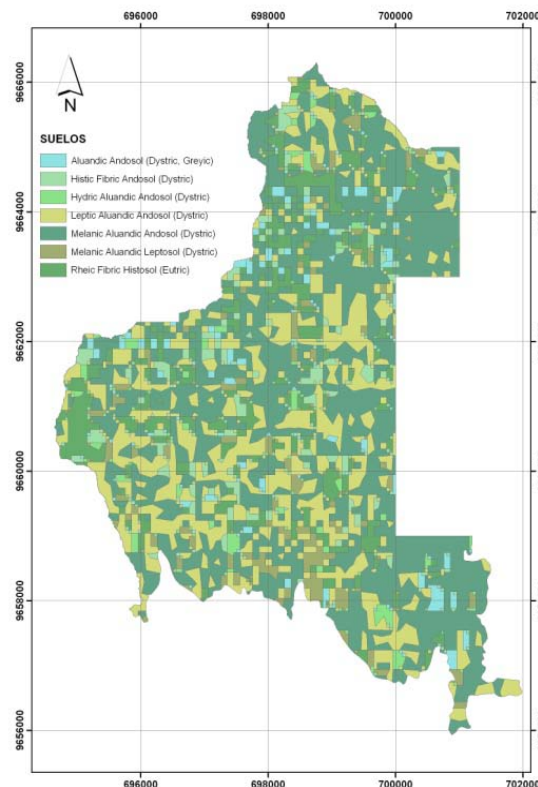
El mapa de suelos fue elaborado considerando el área de concesión minera y por encima de la cota de 3520 m, para considerar solo el área de páramo.

**Figura 2.** Grupos de suelos en el área de estudio (%).



El trabajo de levantamiento de información consistió en identificar unidades de suelo en el campo en base a unidades fisiográficas, la descripción de las características por horizonte, se realizaron en 2094 barrenaciones. Se seleccionaron 12 sitios para los estudios taxonómicos. Se utilizó el sistema de clasificación desarrollado para la Base Mundial de Referencia de Suelos (FAO – ISRIC, 1998). Para cada unidad de suelo preliminar identificada en el campo, se realizó una descripción detallada del perfil del suelo. En cada uno de estos sitios se realizaron pruebas hidrofísicas en campo y laboratorio, también se tomaron muestras para los análisis químicos tradicionales y específicos para poder clasificar las unidades de suelos encontradas.

**Figura 3.** Mapa de suelos del área de estudio.



Fuente y Elaboración: PROMAS 2009.

**Principales tipos de suelo encontrados en la zona de estudio**

**Andosol:**

Aluandic Andosol	116,7 Ha	3,40%
· Hydric Aluandic Andosol	91,6 Ha	2,60%
· Histic Fibric Andosol	176,1 Ha	5,10%
· Leptic Aluandic Andosol	892,4 Ha	25,80%
· Melanic Aluandic Andosol	1585,7 Ha	45,90%
<b>2862,632 Ha</b>	<b>82,86%</b>	<b>2862,632 Ha</b>

**Histosol:**

· Rheic Fibric	403,5 Ha	11,70%
----------------	----------	--------

**Leptosol:**

· Melanic Aluandic Leptosol	188,4 Ha	5,40%
-----------------------------	----------	-------

<b>Total:</b>	<b>3454,5 Ha</b>	<b>100%</b>
---------------	------------------	-------------

Para efectos de este reporte se consideran los 2 grupos de suelos, más representativos en el páramo de Quimsacocha, estos suelos son: Andosoles e Histosoles. Los Andosoles son suelos derivados de cenizas volcánicas en este caso provienen de los volcanes del norte del país y son posteriores al último período glacial, los Histosoles son frecuentes en zonas en las que el suelo está saturado y en donde las bajas temperaturas, escasa aireación alta acides favorecen la acumulación de materia orgánica, poseen propiedades físicas, químicas y mecánicas que difieren enormemente de los suelos minerales (Buytaert et al., 2005b; Winckell et al.,1991,Barberi et al., 1988; Colmet-Daage et al., 1967 Sauer, 1957).

**Andosoles**

Los Andosoles tienen una extraordinaria capacidad para retener agua y una baja densidad aparente. Se desarrollan a partir de material piroclástico y su fracción coloidal esta dominada por materiales de rango-corto (alofana) o complejos organo-metálicos (aluminio-humus) (van Ranst, 1997).

**Histosoles**

Los histosoles son frecuentes en zonas en las que el suelo está saturado al menos durante un mes y en donde las condiciones (baja temperatura, acidez) favorecen la acumulación de materia orgánica, poseen propiedades físicas, químicas y mecánicas que difieren enormemente de suelos minerales. Pueden contener considerables cantidades de agua, posee materia orgánica a más de 40 cm de profundidad (ISSS Working Group RB; 1998).

**Figura 4.** Melanic Aluandic Andosol.



**Figura 5.** Rheic Fibric Histosol.



Fuente y Elaboración: PROMAS 2009.

### Caracterización física e hidrofísica de los suelos del área de estudio

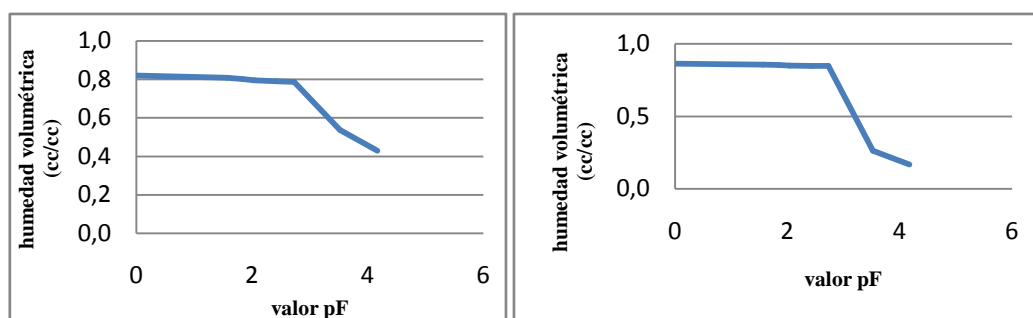
Se realizaron 76 pruebas para determinar la  $K_s$ , y 86 para la determinación de la curva de pF, la densidad aparente se determinó a partir del análisis de 89 muestras inalteradas.

La curva pF muestra el contenido de agua retenida en el suelo, la capacidad de campo, y el punto de marchitez permanente, corresponden a dos puntos de esta curva. Los análisis para determinar la curva de retención de humedad se realizaron para cada horizonte, en los 2 grupos de suelos más representativos dentro de la zona de estudio.

### RESULTADOS

**Horizonte Ándico:** la densidad aparente determinada, es de  $0.426 \text{ g cm}^{-3}$  en promedio, una relación C/N de 14.9, indica una lenta descomposición de los restos vegetales que se encuentran dentro de estos horizontes lo que origina su baja densidad. El valor promedio de la capacidad de retención de agua en estos horizontes en punto de saturación (pF - 0) es del 82 % y en el punto de marchitez permanente (pF - 4.17) llega al 43 %. La conductividad hidráulica saturada en promedio es de  $0.936 \text{ cm h}^{-1}$ .

**Figura 6.** Curva de pF para el horizonte Ándico. **Figura 7.** Curva de pF para el horizonte Hístico.



Fuente y Elaboración: PROMAS 2009.

**Horizonte hístico:** la densidad promedio determinada, es de  $0.11 \text{ g cm}^{-3}$ , esto se debe al tipo de material del que está conformado, una relación C/N de 14,6 evidencia una pobre descomposición de los tejidos vegetales originales en este horizonte. La capacidad de retención de agua, a punto de saturación (pF 0) es del 86.2%; y en el punto de marchitez permanente (pF - 4.17) llega al 16.8%. La conductividad hidráulica saturada  $K_s$  promedio para este horizonte, es de  $0.496 \text{ cm h}^{-1}$ , lo que indica que la velocidad de movimiento de las partículas de agua a través de este horizonte, es lenta, llegando a almacenar grandes cantidades de humedad en su estructura. Se debe mencionar que los valores están referidos al volumen de la muestra

### Caracterización química:

Los análisis químicos, fueron realizados en 101 horizontes inalterados, 26 horizontes Ándicos, 17 horizontes minerales, 50 horizontes Hísticos H1, y 8 horizontes subyacentes HC.

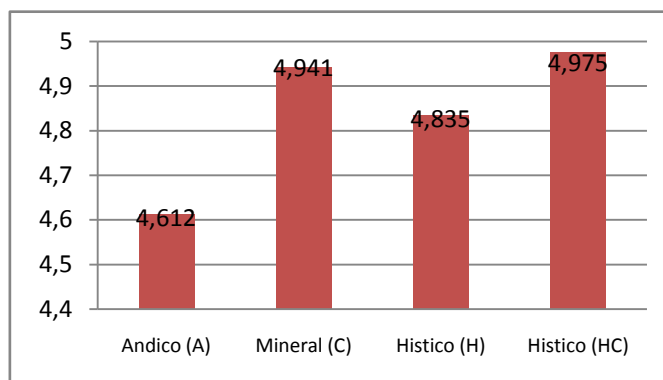
El pH determinado en los horizontes Ándicos es de 4.61 y para el horizonte Hístico es de 4.83; este parámetro condiciona muchos procesos dentro de la dinámica del suelo tales como, la actividad microbiana, la descomposición de la MO, disponibilidad de nutrientes y toxicidad de otros elementos.

Los valores para la conductividad eléctrica que es la indicadora de la cantidad de sales solubles presentes en el suelo, son 0.131 y 0.419 mmhos/cm, para los horizontes Ándico e Hístico respectivamente, lo que indica que no existe salinidad en los suelos del páramo de Quimsacocha.

**Tabla 1.** Variables y promedios determinados para los diferentes horizontes muestreados.

Tipo de horizonte	símbolo	Ándico	Mineral	Hístico	Subyacente
Variables	unidades	A	C	H	HC
pH	-	4,612	4,941	4,835	4,975
CE	(mmhos/cm)	0,131	0,045	0,419	0,135
MO	%	26,972	2,208	54,434	3,633
NH4	meq/100ml	147,18	26,112	234,705	61,225
NO3	meq/100 ml	10,72	4,224	6,2	4,125
P	meq/100 ml	7,288	2,329	22,744	5,75
K	meq/100ml	0,257	0,151	0,373	0,165
Ca	meq/100ml	1,237	0,743	3,785	3,083
Mg	meq/100ml	0,446	0,272	0,679	1,355
Na	meq/100ml	0,046	0,044	0,134	0,063
Al+H	meq/100ml	8,124	7,758	1,459	10,813
CICE	meq/100ml	10,106	8,976	6,404	15,478
Cu	meq/100ml	2,196	2,406	3,648	6,775
Fe	mg/Kg	1111,36	335,594	1510,116	3602,125
Mn	meq/100ml	4,332	1,282	249,271	73,325
Zn	meq/100ml	6,672	5,206	50,858	12,4
B	meq/100ml	0,114	0,04	0,302	0,018
SO4	meq/100m	7,544	2,671	17,865	3,875
S.B.E.	%	56,091	61,017	75,421	65,745
CIC	meq/100ml	55,92	30,753	24,404	31,50
SB	%	4,092	4,374	23,444	15,378
Al	%	13,959	22,79	9,864	30,761
N	%	0,953	0,121	2,293	0,20
C	%	15,644	1,281	31,573	2,107
C/N	C/N	14,977	6,753	14,615	13,281
TPH	mg/Kg	220	-	671,5	163
Cd	mg/Kg	0,263	-	0,1825	-
Fet	mg/Kg	10841,4	13863,9	15175,9	38435
Pb	mg/Kg	7,253	16,507	2,77	11,26
SIO <sub>2</sub>	%	0,17	1,27	0,10	0,63
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%	1,16	1,38	3,54	3,64
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%	2,99	3,43	0,40	2,97

Fuente y Elaboración: PROMAS 2009.



**Figura 8.** pH en los horizontes estudiados. Fuente y Elaboración: PROMAS 2010.

Los suelos de la zona de estudio se caracterizan por su elevado contenido de MO, el valor promedio, es de 26.97 % y 54.43% para los horizontes Ándico e Hístico respectivamente. La cantidad de MO le confiere a los suelos las propiedades únicas para la retención de agua, una coloración oscura en los Andosoles, elevada estabilidad estructural, y principalmente grandes cantidades de C almacenadas. Adicionalmente la MO llega a formar complejos órgano-metálicos muy fuertes con el Fe y Al, presentes.

Los valores indicados corresponden al promedio computado para las muestras analizadas de cada tipo de horizonte en los suelos del área de estudio.

Los contenidos de amonio ( $\text{NH}_4^+$ ), se presentan en mayor cantidad para el horizonte Hístico H1, y en menor contenido para el horizonte mineral, no así para el contenido de nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ) en el que el horizonte con mayor contenido corresponde al horizonte Ándico, y el menor corresponde al horizonte subyacente HC. Esto se debe en parte a que en condiciones de ausencia de oxígeno (suelos saturados) el nitrato puede pasar a amonio por acción bacteriana, lo que explicaría el predominio de esta forma de N inorgánico en suelos de zonas saturadas de humedad.

La concentración de Al en grandes cantidades es común en los Andosoles, ya que estos suelos se formaron a partir de cenizas volcánicas recientes y durante el proceso de meteorización de las cenizas se libera el Al que puede complejarse muy fuertemente con la materia orgánica, es por esto que el contenido de Al total (al igual que el de Fe) se usa como criterio para la clasificación de suelos derivados de cenizas volcánicas (van Ranst E., 1997). Las diferencias de concentraciones son bastante notorias entre los dos grupos de suelos, como se observa en la Tabla 1, en el caso de los horizontes Hísticos H su concentración es menor, esto se podría atribuir al lixiviado debido a un proceso de eluviación. Los iones Al constituyen una de las principales y más importantes fuentes de acidez en estos suelos, que disminuye el pH. Al presentarse valores bajos de pH, las estructuras de las arcillas en los coloides se rompen o se solubilizan, lo que causa una liberación de Al del interior. Este Al soluble contribuye a disminuir el pH ocasionando una reacción en cadena (Bertsch, 1995).

En cuanto al contenido de Fe, para los dos grupos de suelos muestra un comportamiento distinto al del Al, el contenido de Fe en el horizonte Ándico es menor al contenido en el horizonte Hístico H, aunque estos horizontes provienen de cenizas volcánicas y de materia orgánica, algunos elementos presentan concentraciones bajas, se observa que el K está en valores medios en comparación con los registros para suelos minerales.

El P, también se encuentra en valores bajos, ya que la mayor parte está fuertemente fijado debido a reacciones de precipitación y adsorción en compuestos con Al y Fe.

La capacidad de intercambio efectiva (CICE) depende principalmente del C y del pH.

Para el horizonte Ándico, se encontró valores promedio de 10.106 meq/100ml y en el caso del horizonte Hístico H, se encontró valores de 6.404 meq/100 ml. En cuanto al porcentaje de saturación de bases efectivo (SBE) se encontraron valores promedio de 56.091 y 75.421 % para los horizontes Ándico e Hístico respectivamente. De este porcentaje la mayor parte son cationes de Ca y Mg, y de estos el mayor es el Ca.

Los elementos más importantes en este grupo de suelos son el Al, Fe, Ca,  $\text{NH}_4$  y en menores cantidades el Mg y K, a pesar del contenido de materia orgánica. El K en los Hístosoles se encuentra en concentraciones bajas en comparación con otros elementos como el Mn y Zn.

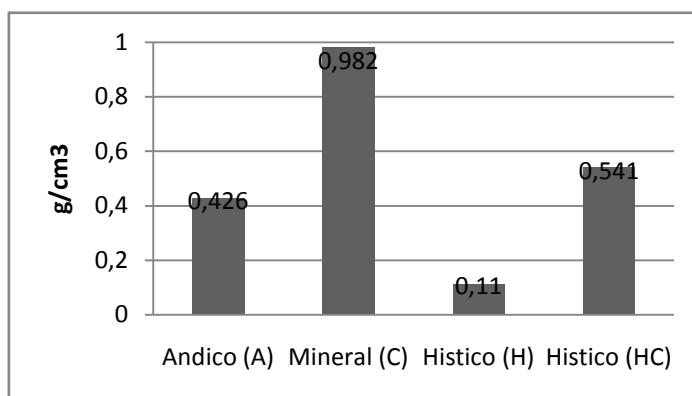
**CONCLUSIONES**

**Hidrofísica**

Los valores de la densidad aparente para los horizontes superficiales, se sitúan dentro de los rangos determinados para estos suelos. En promedio muestran densidades muy bajas: horizonte Ándico 0.426g/cm<sup>3</sup>, y para los Hísticos es de 0.11g/cm<sup>3</sup>.

Los valores de la densidad para los horizontes minerales también están por debajo de 1 gcm<sup>3</sup>, esto se debe al origen de estos materiales, para el caso de los horizontes subyacentes en los suelos Andosoles, este material también es de origen volcánico, obviamente mucho más antiguos probablemente del terciario, cuando el vulcanismo estaba aún activo en el Quimsacocha. En el horizonte que subyace a los Hísticos se trata de una mezcla de mineral y tejidos orgánicos en proceso de mineralización, es debido a esta variabilidad por la que se consideran los horizontes superficiales para la caracterización hidrofísica.

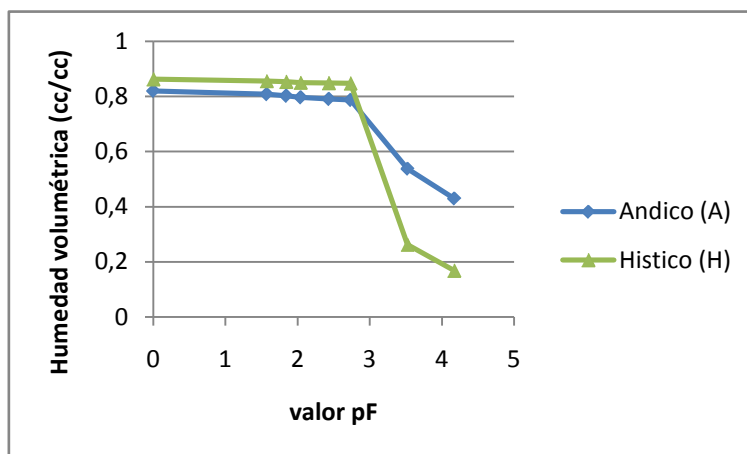
**Figura 9.** Densidad aparente en los horizontes estudiados.



Fuente y Elaboración: PROMAS 2010.

La forma de las curvas de retención de agua de los horizontes de los suelos predominantes en el Páramo de Quimsacocha, son similares en su forma. Los valores determinados para las variables hidrofísicas, se encuentran dentro de los rangos expresados para estos grupos de suelos orgánicos y de origen volcánico reportados en estudios de otros continentes (Dondeyne, et al, 1993).

**Figura 10.** Curva pF en los horizontes principales.



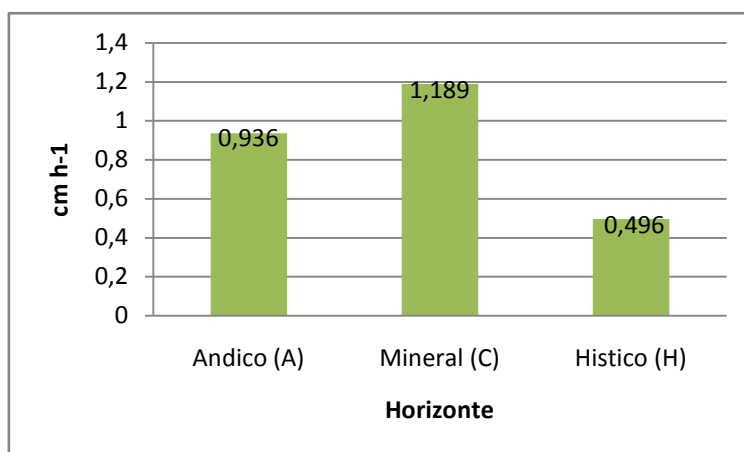
Fuente y Elaboración: PROMAS 2010.

La curva de retención de humedad para los horizontes superficiales, muestra que no existe mayor diferencia para el punto de saturación, en lo que si existe diferencia es en la parte seca de la curva para los dos horizontes Ándico e Hístico.

La curva de retención de humedad, para los Andosoles como los Histosoles muestra una zona casi plana (sin cambios significativos en contenido de humedad) desde saturación hasta pF-2.7 y un descenso abrupto hacia el punto de marchites pF 4.2. Los Histosoles tienen un mayor contenido de agua en la parte húmeda de la curva, para los dos últimos puntos (pF: 3.5 y 4.2) su contenido es muy inferior en comparación con los Andosoles, esto demuestra que los Andosoles poseen mayor cantidad de microporos. Los valores de retención de humedad, no presentan mayores diferencias para cada uno de los horizontes hasta pF 2.73.

La conductividad hidráulica saturada presenta valores promedio de 0.936 (cm/h) para el horizonte Ándico, y de 0.496 (cm/h) para el horizonte Hístico, si llama la atención la mayor conductividad registrada en el promedio para el horizonte mineral esto se puede explicar aduciendo que la variabilidad de los materiales presentes en el área de estudio le confieren a esta propiedad características muy diversas ya que unos contienen arcillas por lo que el movimiento del agua se da a través de la matriz del suelo es muy lento, en otros casos dependiendo principalmente de la textura y de la estructura la velocidad de infiltración aumenta. En los suelos orgánicos el agua se mueve a través de los macro poros cuando la humedad está, en estado de saturación o muy cercano a este

**Figura 11.** Ks en los horizontes principales.



Fuente y Elaboración: PROMAS 2010.

### Mapa de profundidad del suelo

Haciendo referencia al mapa de profundidades (Promas 2008), se determina que, el rango de profundidades dominantes es el de 40 – 60 cm (46%), seguido por la profundidad de 60-80 cm (31%) en su mayoría corresponden a registros en Andosoles.

Continuando con la referencia del mapa de profundidades y de acuerdo al informe edafológico del segundo año (PROMAS 2007), se estimo que el volumen de suelo orgánico en la zona de estudio es de aproximadamente 20 millones de Tm (6000 m<sup>3</sup>/ha). En cuanto al contenido de humedad se menciona que el páramo de Quimsacocha puede llegar a contener aproximadamente 17 millones de m<sup>3</sup> al punto de saturación, 16 millones de m<sup>3</sup>, a capacidad de campo (CC), cuya diferencia, que equivale a unos 600000 m<sup>3</sup>, correspondería a la regulación del ciclo del agua en esta zona del páramo. (Tabla 10, del informe edafológico del segundo año).



Se estima el contenido de C orgánico del suelo de Quimsacocha en aproximadamente 300 Tm/ha (informe edafológico del segundo año, Tabla 11). Para suelos del norte del país Hofstede (1999) menciona que por la profundidad (200cm) el suelo puede alcanzar valores de 1700 Tm/ha, en comparación con el C del pajonal que solo alcanzaría 20 Tm/ha.

### BIBLIOGRAFIA

- Barberi, F., M. Coltelli, G. Ferrara, F. Innocenti, J.M. Navarro, and R. Santacroce. 1988. Plio-quaternary volcanism in Ecuador. *Geological Magazine*, 125:1–14.
- Buytaert, W., J. Sevink, B.D. Leeuw, and J. Deckers. 2005b. Clay mineralogy of the soils in the south Ecuadorian paramo region. *Geoderma*
- Buytaert, W., J. Deckers, and G. Wyseure. 2006. Regional variability of volcanic ash soils in south Ecuador: The relation with parent material, climate and land use, (*Catena*)
- Colmet-Daage, F., F. Cuchalon, M. Delaune, J. Gautheyrou, M. Gautheyrou, and B. Moreau. 1967. Caractéristiques de quelques sols d'Equateur d'érivées de cendres
- Landon, J.R. 1991. Booker soil tropical Manual.
- volcaniques. II. Conditions de formation et d'évolution. *Cahiers ORSTOM, série Pédologie*, 5: 353–392.
- van Ranst Erick, 1997. Lecture notes on Soil Mineralogy University of Gent Belgium.
- Sauer, W. 1957. El mapa geológico del Ecuador. Editorial Universitaria.
- Winckell, A., C. Zebrowski, and M. Delaune. 1991. Evolution de modèle quaternaire et des formations superficielles dans les Andes de l'Equateur. *Géodynamique*, 6: 97–117.
- PROMAS. 2008. Estudios de línea base Hidrológica del Páramo de Quimsacocha, Universidad de Cuenca, Informe de 2do año.
- Cliff Ollier & Colin Pain. 2000. *The Origin of Mountains*