

**EFFECTO DE LA ACUMULACIÓN DE SEDIMENTOS SOBRE LOS SUELOS DE
LA MICROCUENCA LA HIDRÁULICA UBICADOS EN EL MUNICIPIO DE
SIBUNDOY DEPARTAMENTO DEL PUTUMAYO.**

HENRY ARMANDO CEBALLOS CASTILLO

SEBASTIAN ENRIQUEZ OSORIO

INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL PUTUMAYO

INGENIERÍA AMBIENTAL

SIBUNDOY – PUTUMAYO

2014

**EFFECTO DE LA ACUMULACIÓN DE SEDIMENTOS SOBRE LOS SUELOS DE
LA MICROCUENCA LA HIDRÁULICA UBICADOS EN EL MUNICIPIO DE
SIBUNDOY DEPARTAMENTO DEL PUTUMAYO.**

HENRY ARMANDO CEBALLOS CASTILLO

SEBASTIAN ENRIQUEZ OSORIO

**Trabajo de grado, modalidad Semillero de Investigación presentado para
para optar el Título de Ingeniero Ambiental**

Asesora:

ADRIANA DEL SOCORRO GUERRA ACOSTA

I.A – Esp – M. Sc

INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL PUTUMAYO

INGENIERÍA AMBIENTAL

SIBUNDOY – PUTUMAYO

2014

NOTA

“Los conceptos, afirmaciones y opiniones contenidas en el presente trabajo son de responsabilidad única y exclusiva de los autores, y no comprometen al Instituto Tecnológico del Putumayo”. (CIECYT)

NOTA DE ACEPTACIÓN

Jurado. Adriana del Socorro Guerra Acosta I.A. Esp.
M. Sc.

Sibundoy – Putumayo, Noviembre de 2014.

DEDICATORIA

A Dios por darme la fortaleza y sabiduría para cumplir la primera de muchas metas, por enseñarme que con humildad, no existen obstáculos imposibles de superar.

A mis padres Jesús y Paulina por brindarme su Amor, Cariño y Apoyo en todo momento, por confiar en mí. Por todos esos sacrificios que realizan día a día para que pueda salir adelante superando los obstáculos que se presentan en mi vida.

A mis hermanos Yomar y Jesús Fernando por todo el apoyo que me han brindado para que pueda ser un gran profesional, por sus consejos, su confianza y estar conmigo cuando lo he necesitado.

A mis cuñadas Yenny y Mariana por sus consejos, por su amistad, por hacer de mí, una persona de bien.

A mis sobrinos Sofía, Valery y Gabriel por su Amor, por alegrar mis días y por ser una inspiración para cumplir mis metas.

A mis tíos, tías, abuelitas, y primos que depositaron su confianza sin dudarlo y me apoyaron para poder cumplir con esta meta. Por sus oraciones, a todos mil gracias.

A mi compañero y amigo Sebastián Enríquez por compartir muchas aventuras y salir adelante a pesar de todas las adversidades.

A todos mis amigos que estuvieron pendientes de mí y que siempre me animaron para que continúe con mis estudios y sea un profesional.

Henry Armando Ceballos Castillo.

DEDICATORIA

A Dios por enseñarme que día a día con humildad y perseverancia todo es posible, a él que con su infinito amor nos ha dado la sabiduría suficiente para culminar nuestra carrera.

A mis padres Homero Enríquez y Gabriela Osorio, por darme la vida, por estar siempre conmigo y demostrarme que nada es imposible en la vida.

A mi esposa Paola Castillo a mis hijos Juan Sebastián y Luisa María por el estímulo y apoyo incondicional en todo momento, y por ser ellos la inspiración para finalizar este proyecto

A mis hermanas Yudy, Lily y Ángela que siempre me han apoyado en todas las decisiones que he tomado.

A la magíster Adriana Guerra por ser nuestro pilar y apoyo en este proceso

A mi compañero Henry Ceballos que sin su decisión, lucha y apoyo, nada de esto hubiera sido posible.

A mi familia, amigos, compañeros y profesores que son las personas que me han ayudado a formarme como persona y profesional.

Sebastián Enríquez Osorio.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan agradecimientos a:

A la I.A. Esp. M. Sc. Adriana Del Socorro Guerra Acosta, docente del Instituto Tecnológico del Putumayo, por su apoyo, asesoría y confianza durante el proceso de investigación, por creer en nuestras capacidades, por enseñarnos que con esfuerzo y dedicación se puede cumplir con las metas propuestas.

Los habitantes y propietarios de los predios ubicados en el área de influencia de la microcuenca La Hidráulica por la disponibilidad y el respeto en el momento de la realización del trabajo en campo para la recolección de datos de la presente investigación.

Al Instituto Tecnológico del Putumayo sede Sibundoy por facilitarnos materiales y equipos de laboratorio.

Al doctor Marco Hugo Ruiz Eraso, Docente de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad de Nariño

Agradecimientos a los docentes del Instituto Tecnológico del Putumayo, de las sedes Sibundoy y Mocoa por brindarnos una formación integral, y por su apoyo durante nuestra carrera.

A los señores Homero Enríquez, Gabriela Osorio, Jesús Ceballos y Paulina Del Castillo por el apoyo brindado y consejos durante el desarrollo de la presente investigación.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	17
1. PROBLEMA	18
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	18
1.2 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	19
2. OBJETIVOS.....	20
2.1 OBJETIVO GENERAL	20
2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	20
3. JUSTIFICACIÓN.....	21
4. MARCO REFERENCIAL.....	22
4.1 MARCO CONTEXTUAL	22
4.1.1 Generalidades de la microcuenca Quebrada la Hidráulica.	23
4.1.2 Agua.....	23
4.1.3 Suelos.....	24
4.2 MARCO LEGAL.....	25
4.3 MARCO CONCEPTUAL	27
4.3.1 Suelo.....	27
4.3.2 Erosión.....	27
4.3.3 Colmatación	27
4.3.4 Sedimentación.	27
4.3.5 Remoción en masa	27
4.3.6 Entisoles	28
4.3.7 Inceptisoles.....	28
4.3.8 Propiedades Físicas.	28
4.3.8.1 Densidad Aparente.	28
4.3.8.2 Densidad real (Dr).....	29
4.3.8.3 Porosidad.....	29
4.3.8.4 Textura del suelo.	29

4.3.8.5 Textura al tacto.	30
4.3.8.6 Profundidad efectiva	30
4.3.8.7 Humedad gravimétrica.	30
4.3.8.8 Humedad volumétrica.	30
4.3.9 Propiedades Químicas.....	30
4.3.9.1 pH del suelo.	31
4.4 MARCO TEÓRICO	31
4.4.1 Antecedentes.....	31
4.4.2 Generalidades de los suelos.....	32
4.4.3 Degradación de los suelos.....	34
4.4.4 Efecto de la sedimentación en el suelo.....	34
4.4.5 Sedimentación o depositación.	35
4.4.6 Suelos sedimentarios.....	36
4.4.7 Suelos residuales y transportados).....	37
4.4.8 Relación Agua - Suelo.	37
4.4.9 El Agua en el Suelo.	38
4.4.10 Estructura del Suelo.....	38
5. METODOLOGÍA	40
5.1 LOCALIZACIÓN.....	40
5.2 DESCRIPCIÓN DE MUESTREO EN CAMPO	41
5.2.1 Consociación Santiago (SP)..	42
5.2.2 Asociación Chilcayáco (SI)..	42
5.2.3 Consociación San Jorge..	43
5.2.4 Asociación Balsayaco (BS).....	43
5.3 VARIABLES EVALUADAS.....	45
5.3.1 Propiedades físicas.....	45
5.3.2 Propiedades químicas..	46
5.4 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	48
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	49
6.1 PROPIEDADES FÍSICAS	49

6.1.1 Color.....	49
6.1.2 Distribución de tamaño de partículas (Textura al tacto).....	58
6.1.3 Densidad aparente (Da).....	64
6.1.4 Densidad real (Dr).....	67
6.1.5 Porosidad total en porcentaje (%).....	69
6.1.6 Humedad gravimétrica del suelo.....	71
6.1.7 Humedad Volumétrica del suelo.. ..	74
6.2 PROPIEDADES QUÍMICAS	75
6.2.1 pH.. ..	75
6.3 RESULTADOS OBTENIDOS EN LA ENCUESTA REALIZADA A LA COMUNIDAD ALEDAÑA A LA MICROCUENCA LA HIDRÁULICA	80
6.3.1 Análisis de la encuesta aplicada.....	80
6. CONCLUSIONES	89
7. RECOMENDACIONES.....	90
BIBLIOGRAFÍA.....	91
ANEXOS.....	98

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Parámetros morfométricos Microcuenca Quebrada la Hidráulica.	23
Tabla 2. Variables y técnicas utilizadas para las propiedades físicas de los suelos.	46
Tabla 3. Estándares generales para interpretar análisis de suelos.....	47
Tabla 4. Variables y técnicas utilizadas para las propiedades químicas de los suelos.	47
Tabla 5. Georeferenciación unidades de suelo evaluadas.	48
Tabla 6. Color capa sedimentada (A), Consociación Santiago.....	51
Tabla 7. Color capa original de base (B), Consociación Santiago.	51
Tabla 8. Color capa sedimentada (A), Asociación Chilcayáco.....	52
Tabla 9. Color capa original de base (B), Asociación Chilcayáco.....	53
Tabla 10. Color capa sedimentada (A), Consociación San Jorge.....	54
Tabla 11. Color capa original de base (B), Consociación San Jorge.....	55
Tabla 12. Color capa sedimentada (A), Asociación Balsayáco.....	56
Tabla 13. Color capa original de base (B), Asociación Balsayáco.....	57
Tabla 14. Textura al tacto (Porcentaje) capa sedimentada (A).....	59
Tabla 15. Textura al tacto (Porcentaje) capa original de base (B).....	60
Tabla 16. Comportamiento de la porosidad total y la densidad aparente en relación con la clase textural de los suelos.	71
Tabla 17. Promedios por unidades y capa de suelo.	79
Tabla 18. Lista de personas encuestadas.	80

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Ubicación del municipio de Sibundoy.	22
Figura 2. Diagrama de Hjulstrom 1935, el cual indica la velocidad mínima requerida para desprender, transportar o depositar partículas de suelo, según su diámetro, para flujos de agua.....	33
Figura 3. Esquema del proceso de formación de los suelos.....	37
Figura 4. Localización de la microcuenca la Hidráulica, Municipio de Sibundoy. ..	40
Figuras 5 y 6. Aplicación de encuesta.	41
Figura 7. Espacialización de las unidades de suelo en las siete microcuencas abastecedoras de acueducto urbano y rural.	44
Figura 8. Realización de Calicata..	45
Figura 9. Calicata.....	45
Figuras 10 y 11. Toma de muestras con anillos.....	46
Figura 12. Peso de la muestra para pH.	47
Figura 13. Determinación de pH.	47
Figura 14. Determinación de color.	49
Figura 15. Registro de datos obtenidos.	49
Figura 16. Peso del anillo.	66
Figura 17. Muestras al horno 105 °C.	66
Figuras 18 y 19. Determinación de densidad real.....	67
Figura 20. Relación entre la reacción del suelo y procesos que influyen en la disponibilidad de nutrientes (Gómez y Castro 2009)	78

LISTA DE GRÁFICAS

	Pág.
Gráfica 1. Textura al tacto capa sedimentada A.	63
Gráfica 2. Textura al tacto capa original de base B.	63
Gráfica 3. Densidad Aparente (Da).....	66
Gráfica 4. Densidad Real (Dr).....	68
Gráfica 5. Porosidad.	70
Gráfica 6. Humedad Gravimétrica.....	73
Gráfica 7. Humedad Volumétrica.....	75
Gráfica 8. pH.....	79
Gráfica 9. Usos del suelo.....	81
Gráfica 10. Tiempo de manejo de predios.	82
Gráfica 11. Daños por efectos de inundaciones en los últimos 5 años.....	83
Gráfica 12. Estrategias para mitigar futuras inundaciones.....	84
Gráfica 13. Recuperación de los suelos.	85
Gráfica 14. Manejo de suelos afectados.....	86
Gráfica 15. Recuperación de características productivas del suelo.....	87
Gráfica 16. Apoyo a población afectada.	88

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Encuesta dirigida a propietarios de predios ubicados a las riveras de la microcuenca La Hidráulica ubicada en el Municipio de Sibundoy departamento del Putumayo.....	99
Anexo B. Tonalidades de color de las unidades de suelo Capa A.....	102
Anexo C. Tonalidades de color de las unidades de suelo Capa B.....	109
Anexo E. Mapa unidades de suelo.	123
Anexo F. Mapa recorrido de muestreo.....	124

RESUMEN

Debido a los continuos procesos de intervención que sufren los recursos naturales y en especial el suelo, se han ocasionado alteraciones en el equilibrio ecosistemico que afecta el bienestar de la población por ser el espacio en donde se desarrollan las actividades de producción además del territorio en donde se habita.

Teniendo en cuenta de igual manera las condiciones climáticas de la región, el tema adquiere una mayor complejidad, puesto que los suelos al estar altamente intervenidos, son más susceptibles a sufrir cambios y si se suman las altas precipitaciones en la fuerte temporada invernal, se presentan con mayor facilidad problemas erosivos en la parte alta principalmente lo que genera sedimentación que es arrastrada por los cuerpos de agua que incrementan su caudal de una forma abrupta, depositándolos en las orillas del cauce de la parte media y baja. Como se han depositado grandes cantidades de sedimentos de tipo arenoso, el cauce se colmata, disminuyendo su profundidad y por ende se hace más fácil que se generen desbordamientos que posteriormente inundan zonas aledañas, incluyendo los terrenos cultivables y de pastoreo.

Al depositar grandes cantidades de material arrastrado por las corrientes de agua a orillas del cauce o en los terrenos fértiles, se producen cambios en algunas propiedades físicas y químicas del suelo además de enterrar por varios metros los horizontes en los que se desarrolla con mayor facilidad la vida vegetal.

La presente investigación permite entender los procesos de degradación a los que se han visto expuestos los suelos presentes en el área de influencia a la microcuenca la Hidráulica debido a los efectos de acumulación de sedimentos mediante la interpretación de los resultados obtenidos durante el muestreo realizado en las diferentes unidades de suelo que la conforman para conocer la dimensión del problema que afecta a la población asentada o que tiene predios cercanos a la zona de estudio.

ABSTRACT

Due to the ongoing processes of intervention suffering natural resources, especially soil, have caused changes in the ecosystem balance that affects the welfare of the population as the space where production activities also take place in the territory where one lives.

Considering similarly the climatic conditions of the region, the issue becomes more complex, since the soils being highly intervened, are more susceptible to changes and if the high rainfall in addition to the strong winter season, occur more readily erosion problems at the top mainly generating sedimentation is driven by water bodies that increase their flow of abruptly, depositing on the banks of the river bed of the middle and low. As deposited large amounts of sandy sediment type, the channel clogs, reducing their depth and therefore becomes easier overflows subsequently generated flood surrounding areas, including cropland and pasture.

When depositing large amounts of material transported by water currents on the banks of the channel or the fertile land, changes in some physical and chemical soil properties also buried several meters horizons in which it develops more easily plant Life.

This research helps us to understand the degradation processes to which they have been exposed soils present in the area of influence of the micro hydraulics due to the effects of sediment accumulation through the interpretation of the results obtained during the sampling at the different soil units that conform to know the extent of the problem that affects the established population or has grounds near the study area.

INTRODUCCIÓN

En el municipio de Sibundoy se llevan a cabo actividades agropecuarias en donde se hace utilización del suelo de una manera indiscriminada, aún en zonas de gran valor ambiental como lo son las rondas de las microcuencas, ocupando mayores extensiones de terreno y ampliando la frontera agrícola. A consecuencia de estas actividades extractivistas y de producción, las condiciones naturales del relieve y del paisaje se han visto alteradas en su forma y dinámica, la deforestación con fines de obtención de tierras, hace que los suelos queden desprotegidos y más vulnerables, por lo que la erosión es inminente.

Los terrenos afectados por procesos de erosión, como uno de los problemas de degradación ambiental a nivel mundial, deben ser observados como una complicación en la dinámica y el equilibrio del recurso suelo; por tal motivo la FAO (FAO, 1988) ha señalado que los problemas de degradación de suelos son una grave amenaza para el bienestar de la humanidad. También se debe establecer que dichos problemas de degradación se han visto acrecentados principalmente por el aumento poblacional que ha llevado al uso indiscriminado de los recursos naturales incluido el suelo, acelerando considerablemente los procesos de degradación en la mayoría de las culturas, como consecuencia del aumento en la producción de alimentos, de bienes y servicios entre otros.

Además, el factor clima tiene una gran influencia en la susceptibilidad de un suelo a ser erosionado, puesto que se debe considerar que otros factores como el tipo de material parental, el relieve y las prácticas culturales, intervienen en la generación de suelos propensos a ser arrastrados por acción del agua y/o viento.

Cuando las partículas de suelo son arrastradas hacia partes más bajas de una microcuenca, el cauce poco a poco se va colmatando lo que hace que el material se vaya depositando a las orillas, generando cambios en algunas de las propiedades físicas y químicas de los terrenos del área de influencia al cuerpo de agua. De igual manera, con el incremento del caudal, se transporta material vegetal y material inerte (rocas, residuos, entre otros), ocasionando obstrucciones y por ende inundaciones aguas abajo.

1. PROBLEMA

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La erosión es un proceso natural que se desarrolla continuamente desde los tiempos geológicos y que determina y modela la forma de la corteza terrestre. Rocha (1998).

La erosión puede originarse a partir de la roca primaria desnuda expuesta a agentes naturales mecánicos, orgánicos y químicos. La diferencia entre temperaturas máximas y mínimas produce rajaduras en la roca desnuda. El agua ingresa por las grietas, se congela, se dilata y se produce la fractura de la roca. Allí se desarrolla la vegetación, según Bergsma (1996), la erosión se define como un proceso de desprendimiento y remoción del suelo por la acción de la lluvia, vientos y otros agentes geológicos tales como los deslizamientos o remociones en masa, siendo la erosión provocada por el agua, la más importante.

La degradación de los suelos es, en su sentido más amplio, uno de los principales problemas con que se enfrenta el mundo en este momento. Porque el suelo es, y seguirá siendo en un futuro previsible, la base de la producción alimentaria. (FAO, PNUMA, 1984 mencionado en Dorronso, 2011).

La degradación es la reducción o pérdida de una o más características productivas del suelo causadas por intervención humana, se define como el proceso reductor de la capacidad de producción actual o potencial del suelo (Amézquita, 1994).

Debido a los procesos de erosión desencadenados por la fuerte temporada invernal que se presenta en el Valle de Sibundoy, se han ocasionado muchos problemas principalmente en zonas de influencia de la microcuenca La Hidráulica, ubicada en el municipio de Sibundoy, en donde las crecientes que se presentan tras las fuertes precipitaciones, provocan que los terrenos en la parte alta de la misma, se desestabilicen erosionándose y generando arrastre de sedimentos, colmatando el cauce presentándose desbordamientos que son los causantes de inundaciones en la parte plana del Valle de Sibundoy. Dichos sedimentos también se depositan en las rondas de la microcuenca, alterando además del paisaje, algunas propiedades físicas del suelo tales como color, textura, densidad aparente, densidad real, humedad gravimétrica, humedad volumétrica, porosidad, profundidad efectiva y químicas como pH.

Un agravante a esta situación son las remociones en masa aguas arriba, en donde se encuentran áreas intervenidas por el hombre con propósitos productivos que hacen que estos terrenos los cuales tienen una pendiente entre 30 y 40%, y que debido a las condiciones de explotación a las que están siendo sometidos, quedan al descubierto, por lo que se pueden desestabilizar con mayor facilidad y a un

ritmo acelerado. Todo esto conlleva a que el material erosionado sea arrastrado por las aguas hacia la parte media y baja, colmatando el cauce, generando taponamiento, lo que ocasiona desbordamientos e inundaciones, y por ende modificando las condiciones propias del suelo.

Los cambios que han ocurrido después de las precipitaciones son evidentes, ya que la mayor parte de los sedimentos arrastrados, se encuentran depositados a riveras de la microcuenca por lo que las condiciones naturales del paisaje han sido alteradas en su mayoría. Algunas zonas inclusive se han erosionado por la fuerte creciente que arrasa con la vegetación protectora encargada de proporcionar amarre al suelo y otras se ven afectadas por la sedimentación que se deposita en las zonas de cultivos y de pastoreo, ocasionando pérdidas parciales y totales a los productores agropecuarios y desvalorizando los predios generando cambios en la calidad de las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos, y en general alteraciones ambientales severas.

El propósito de esta investigación fue conocer los cambios que se han originado en algunas propiedades físicas y químicas de los suelos debido a la sedimentación de material arrastrado por las fuertes crecientes producidas por las altas precipitaciones en temporada invernal, además evaluar el impacto ambiental que se genera de esta problemática y la forma en que repercute a la población aledaña.

1.2 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

¿Existen cambios en algunas propiedades físicas y químicas de los suelos ubicados en la parte media y baja de la microcuenca la Hidráulica por efectos de acumulación de sedimentos?

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto que produce la acumulación de sedimentos sobre algunas propiedades físicas y químicas de los suelos de la microcuenca la Hidráulica, municipio de Sibundoy, departamento del Putumayo.

2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar algunos cambios físicos como profundidad efectiva, textura, espesor de la capa de sedimentos acumulados, color, densidad aparente, densidad real, humedad gravimétrica, humedad volumétrica y porosidad en los suelos evaluados.
- Evaluar pH del suelo.
- Valorar los impactos ambientales que se han generado por la sedimentación producida por las altas precipitaciones.

3. JUSTIFICACIÓN

El suelo es uno de los sistemas con mayor intervención debido a procesos antropogénicos y naturales que poco a poco han ido degradando algunas de las características físicas y químicas, que como consecuencia fragmentan el ecosistema y el paisaje por lo que se hace necesario promover estrategias que ayuden a prevenir y mitigar los impactos negativos que se han generado.

El suelo presta muchos beneficios para el hombre y para todos los seres vivos, y por ser el medio en el cual se cultivan los alimentos, se construyen estructuras y presta muchos otros beneficios, se ha sometido a una explotación acelerada que ya de por sí es crítica por los procesos naturales como las precipitaciones, los vientos, las corrientes de agua, etc. ocasionando erosión, pérdida de las propiedades productivas de los terrenos, compactación.

En el municipio de Sibundoy, históricamente se han venido presentando emergencias ambientales relacionadas con la problemática ocasionada por la temporada invernal que hace que las microcuencas que rodean el municipio incrementen su caudal, y debido a la poca cobertura vegetal de las mismas, la erosión es inevitable. La microcuenca La Hidráulica presenta un estado de erosión bastante avanzado y la falta de intervención para tratar de minimizar el impacto negativo y recuperar la zona, hacen que día a día, el problema se agrave. La sobrecarga al que se ha sometido el recurso suelo respecto al manejo agropecuario de la parte alta de la Microcuenca a través del tiempo, se ve reflejada en las catástrofes ambientales ocurridas en su área de influencia, provocando erosión, sedimentación y colmatación del cauce y de las rondas de la microcuenca.

Los estudios ambientales de la microcuenca que den a conocer la problemática que se presenta por los procesos de degradación del suelo, la sedimentación, la colmatación del cauce y los cambios de algunas propiedades física y químicas del suelo que ocurren después de las crecientes son muy limitados.

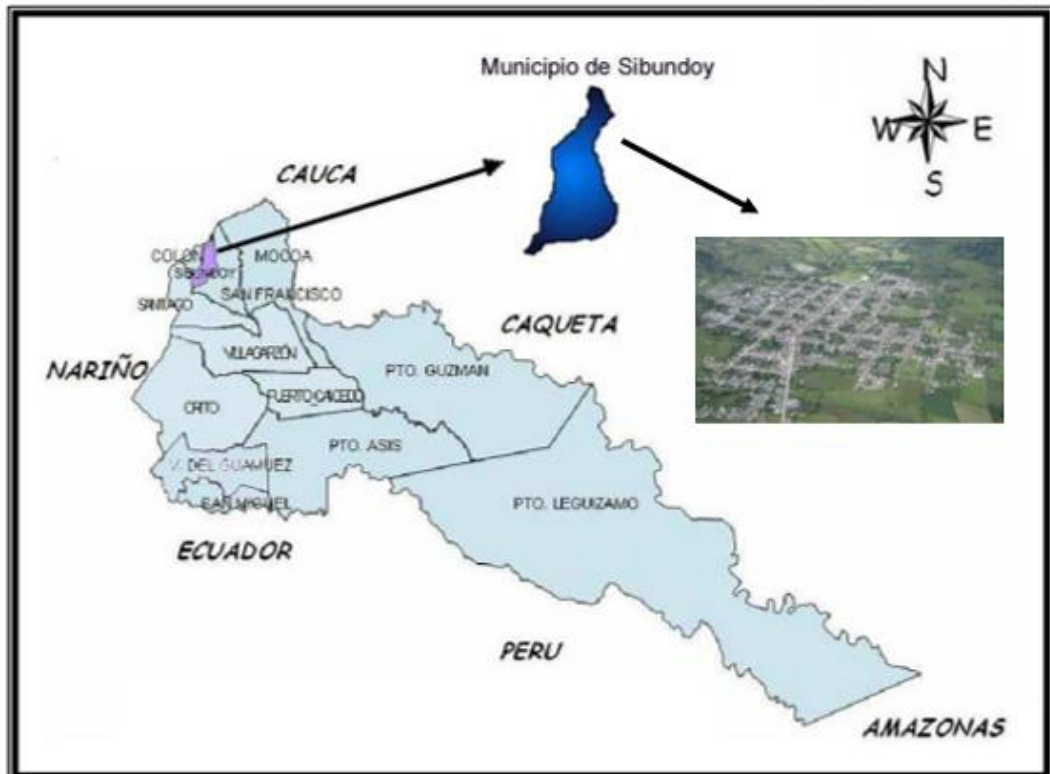
Con la presente investigación se buscó conocer los cambios en algunas propiedades físicas y químicas del suelo que han ocurrido por efectos de la erosión, la sedimentación y colmatación del cauce de la microcuenca la Hidráulica durante la temporada invernal generando pérdidas para los productores que tienen su fuentes de trabajo en el área de influencia de la misma por efectos de acumulación de sedimentos principalmente arenosos en zonas de pastoreo y de cultivos.

4. MARCO REFERENCIAL

4.1 MARCO CONTEXTUAL

Sibundoy, está localizado al noroccidente del departamento del Putumayo, con coordenadas geográficas 1°12'12" latitud norte y 76° 51'15" longitud oeste. Limita al norte con el Departamento de Nariño y el cerro de Juanoy (área limítrofe del cerro de Cascabel), al sur con el municipio de San Francisco (área limítrofe antiguo cauce del río Putumayo), al occidente con el municipio de Colón (área limítrofe por el río San Pedro), al oriente con el municipio de San Francisco (área limítrofe con el río San Francisco). Tiene una extensión de 90.828 km², que corresponden al 0,36% del departamento del Putumayo.

Figura 1. Ubicación del municipio de Sibundoy.



Fuente: Castro & Jiménez (2008) & Google/imágenes/mapageopolítico de Colombia, 2014.

El municipio de Sibundoy pertenece a los climas de montaña o de las vertientes y valles por encima de los 2000 metros sobre el nivel del mar, de climas definidos básicamente por la altitud, siendo húmedos a muy húmedos.

Dentro de la misma clasificación, el área se encuentra en un piso medio húmedo con un promedio de lluvias de 1654 mm anuales, 16°C de temperatura y alturas entre los 1080 hasta 2300 msnm. El municipio por su posición geográfica pertenece a una zona ecuatorial en la que el relieve y la precipitación han caracterizado tres pisos bioclimáticos en una zona de alta humedad y climas fríos lluviosos. Las precipitaciones están determinadas por las corrientes de aire provenientes de la Región Amazónica, llamadas Alisios del Sur-Este.

Sibundoy presenta temperaturas que oscilan entre los 14 y 17°C, el promedio mensual anual es de 15.98 °C. El mayor valor es 16.5 °C en los meses de noviembre a enero y el menor valor 10.4°C siendo las temperaturas más bajas en los meses de julio y Agosto (Castro & Jiménez 2008)

4.1.1 Generalidades de la microcuenca Quebrada la Hidráulica. La Microcuenca de la quebrada Hidráulica está ubicada en el municipio de Sibundoy, con un área total de 21,31 km². En la Tabla 1, se pueden observar algunos parámetros morfométricos de la misma

Tabla 1. Parámetros morfométricos Microcuenca Quebrada la Hidráulica.

Longitud del cauce principal (LCP)	7146,2 metros
Perímetro de la cuenca (P)	15715,8 metros
Longitud total de cauces (LTC)	24529,3 metros
Número de cauces (NC)	26
Longitud axial (Lx)	6508,8 metros
Área	765,0 hectáreas
Ancho promedio (Ap)	1175,4 metros
Factor forma (Ff)	0,18
Coefficiente de compacidad (Kc)	1,60
Densidad de drenaje (Dd)	3,2
Drenaje	Subparalelo
Forma	Oval oblonga a Rectangular oblonga

Fuente: Adaptado de Plan Local de Emergencia y Contingencias Municipio de Sibundoy Putumayo Colombia Octubre 2002.

4.1.2 Agua. El caudal hídrico corresponde a 0,46 m³/ s⁻¹; es abastecedora del acueducto municipal de Sibundoy y en los primeros sitios de muestreo ubicados antes y en la bocatoma del municipio se puede observar que existe una carga orgánica muy baja, evidenciada en los valores de conductividad, DBO5, DQO, alcalinidad, dureza y cloruros, los cuales se van incrementando en el transcurso de la quebrada debido a que esta corriente es receptora de otras quebradas como la Lavapiés que en sus aguas trae gran cantidad de vertimientos de aguas

residuales domésticas del municipio de Sibundoy, la calidad bacteriológica de estas aguas requiere la aplicación de métodos habituales de tratamiento como coagulación y filtración; y según los criterios para uso, éstas son aptas para baño, natación, pesca y remo pero no es aceptable para consumo, porque hay presencia de coliformes totales y fecales que son perjudiciales para la salud humana.

4.1.3 Suelos. Los suelos en su mayor área corresponden a la clase agroecológica III. Suelos de mayor potencialidad agrícola ubicados en los abanicos próximos a la llanura y vertientes de las montañas, presentan pendientes de 0 a 3% y de 3 a 7%, terrenos con un (1) metro de espesor efectivo. Poseen una textura franco arenosa alto contenido de materia orgánica, sin pedregosidad, derivados de cenizas volcánicas, con permeabilidad mediana y mineralizados; estas características físicas los hace de fácil laboreo, el pH es casi neutro, con medios a altos niveles de materia orgánica, posee medios a altos contenidos de Fósforo que puede atribuirse a que se encuentra como Fósforo orgánico en proceso de mineralización, alta capacidad de intercambio catiónico, las cantidades de Magnesio y calcio son medias, y de medias a altas las cantidades de Potasio. Entre los micronutrientes los que presentan bajos contenidos son el Manganeso (Mn), el Cobre (Cu) y el Boro (B), que se evidencia con la sintomatología en campo. La relación Carbono-Nitrógeno está en un rango adecuado.

Poseen alta potencialidad para la implementación comercial de cultivos propios de clima frío y la ganadería tecnificada soportada en prácticas de manejo estabulado, mejoramiento de praderas y la siembra de pastos de corte, potencialmente aptos para la explotación frutícola teniendo en cuenta los niveles freáticos en la parte más plana.

En zonas intermedias de los lomeríos circundantes al Valle de Sibundoy, en áreas con pendientes de 3 a 7 y 7 a 12 %, con terrenos medianamente profundos, 50 – 100 cm., nivel freático profundo, suelos francos y franco – arenosos, alto contenido de materia orgánica, sin pedregosidad, con presencia de ceniza volcánica, permeabilidad mediana. Susceptibilidad a la erosión moderada (Clase agrológica IV). Presenta bajos a medios contenidos de Fósforo (P) y bases intercambiables (Ca, Mg), siendo más acentuada la carencia de Magnesio, valores de bajos a medios de Potasio (K) y Zinc (Zn), y cantidades bajas de Manganeso (Mn) Cobre (Cu), Azufre (S) y Boro (B), una relación Carbono-Nitrógeno media a óptima.

En la zona de cumbres presenta áreas con pendientes de 7 a 12 y 12 a 25% terrenos medianamente profundos, 50 – 100 cm. Nivel freático profundo, suelos francos y franco – arenosos, mediano contenido de materia orgánica, con pedregosidad moderada y permeabilidad mediana. Estos suelos se encuentran en las cimas de los lomeríos, actualmente dedicados a la ganadería extensiva y rastrojos. Existe una zona de suelos localizados en las vertientes de montaña y cumbres altas, apropiados para mantener la vegetación natural permanente.

4.2 MARCO LEGAL

El presente trabajo de investigación tiene su argumento legal en conceptos, ideas y planteamientos constitucionales y legales para darle un contexto Colombiano con el cual se puede soportar su validez a la hora de aplicar esta evaluación en algún predio regional, local o nacional.

Dicha normatividad se resume de la siguiente manera:

La Constitución Política de Colombia de 1991 contempla en los derechos colectivos y del ambiente en especial el Artículo 79 donde se expresa que “Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. La ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarlo. Es deber del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines”.

Así mismo en el Artículo 80 donde se dice que: “el estado planificara el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación restauración o sustitución. Además deberá prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental imponer las sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados, así mismo cooperara con otras naciones en la protección”.

Por otro lado, el Sistema General Ambiental Ley 99 de 1993 se tiene el Artículo 3. Que Establece el concepto de Desarrollo sostenible entendido como “El que conduzca al crecimiento económico, a la elevación de la calidad de vida y al bienestar social, sin agotar la base de los recursos naturales renovables en que se sustenta ni deteriorar el medio ambiente o el derecho de las generaciones futuras a utilizarlo para la satisfacción de sus propias necesidades.

Si bien, la Carta mundial de los suelos en la resolución VI de la conferencia Mundial de la alimentación en 1974 (Roma) establece la carta mundial de los Suelos, como base para una cooperación internacional con miras a la utilización más racional de los recursos de tierras.

La carta mundial de los suelos establecida por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación hace mención a los siguientes principios:

Como principales recursos de que dispone el hombre están: el suelo, agua, flora, fauna y aire. Su uso no deberá provocar su degradación o destrucción, porque la existencia del hombre depende de su calidad. Reconociendo la suprema importancia de los suelos para la supervivencia y el bienestar de los pueblos y la independencia económica de los países, es absolutamente necesario el

mejoramiento de la productividad de los suelos y a la conservación de los recursos edafológicos.

Por degradación de los suelos se entiende la pérdida parcial o total de la productividad de los mismos, cuantitativa y/o cualitativamente, o en ambas formas, como consecuencia de procesos erosivos, la salinización, el anegamiento, el agotamiento de los nutrientes; de las plantas el deterioro de la estructura de los suelos, la desertificación y la contaminación. Es de urgente necesidad el incremento de la producción alimentaria de fibras y maderas.

El deterioro de algunas de las propiedades físicas y químicas del suelo a consecuencia de la erosión, arrastre y sedimentación, repercute directamente en la calidad del mismo, originando pérdidas en la productividad, desarrollo de la vegetación y cambios de uso del suelo.

Es competitividad de las autoridades nacionales, departamentales y locales, promover estrategias de conservación para mitigar los efectos negativos que atenten contra los recursos naturales.

El uso del suelo debe estar bajo los criterios que se mencionan en la Ley 388 de 1997, la cual garantiza la utilización del suelo por parte de sus propietarios para que se ajuste a la función social de la propiedad y permita hacer efectivos los derechos constitucionales a la vivienda y a los servicios públicos domiciliarios, y velar por la creación y la defensa del espacio público, así como por la protección del medio ambiente y la prevención de desastres.

Ley 115 de 1994, en su artículo 5, numeral 10 trata sobre la ley general de educación, adquisición de conciencia para la conservación, protección y mejoramiento del medio ambiente y prevención de desastres.

Cabe señalar que es importante tener en cuenta el Decreto Ley 2811 de 1974 en su artículo 83 donde hace relación a la distancia mínima de las fajas paralelas también conocidas como rondas hídricas las cuales deben estar por lo menos a 30 mts desde el talud del cauce a partir de los cuales se pueden realizar actividades productivas, de aprovechamiento y/o urbanización.

Del mismo modo el Decreto 1729 de 2002, establece en su artículo 4, numeral 4, la prevención y control de la degradación de la cuenca, cuando existen desequilibrios físicos, químicos y ecológicos del medio natural que pongan en peligro la integridad de la misma o cualquiera de sus recursos, especialmente el hídrico. También en su numeral 7 hace referencia a considerar las condiciones de amenaza, vulnerabilidad y riesgos ambientales que puedan afectar el equilibrio ecosistémico.

4.3 MARCO CONCEPTUAL

4.3.1 Suelo. Se denomina suelo a la parte superficial de la corteza terrestre, biológicamente activa, que proviene de la desintegración o alteración física y química de las rocas y de los residuos de las actividades de seres vivos que se asientan sobre ella.

Los suelos son sistemas complejos donde ocurren una vasta gama de procesos físicos y biológicos que se ven reflejados en la gran variedad de suelos existentes en la tierra.

Es un cuerpo natural conformado por una conexión de elementos y procesos, resultado de su localización y del contacto de la atmósfera con la superficie de la corteza. La atmósfera del planeta ha evolucionado, por lo cual ya no predominan en ella el hidrógeno y el helio, su lugar lo ocupan el nitrógeno, el oxígeno, el gas carbónico y el vapor de agua (Malagón, 2002).

4.3.2 Erosión. Es la pérdida selectiva de materiales del suelo. Por la acción del agua o del viento los materiales de las capas superficiales van siendo arrastrados. Si el agente es el agua se habla de erosión hídrica y para el caso del viento se denomina erosión eólica.

El concepto de erosión del suelo se refiere a la erosión antrópica, que es de desarrollo rápido. Frente a ella está la erosión natural o geológica, de evolución muy lenta. (Global Assessment of Soil Degradation, 1991)

4.3.3 Colmatación. Se denomina comúnmente colmatación a la acumulación de sedimentos por otro lado se dice que un suelo está colmatado, cuando, su permeabilidad original se ha reducido sustancialmente, a causa del progresivo entupimiento de los poros existentes entre sus partículas, con materiales finos transportados en suspensión por el agua que se va infiltrando, en las etapas iniciales del proceso. (Anónimo, 2010)

4.3.4 Sedimentación. Se produce cuando los materiales son depositados debido a la disminución de la fuerza transportadora del agente. La gravedad es la fuerza responsable de la sedimentación.

El depósito de materiales se produce en zonas hundidas, llamadas Cuencas Sedimentarias, donde los sedimentos pueden generar rocas sedimentarias mediante un proceso llamado Diagénesis. (Bernal, 2013)

4.3.5 Remoción en masa. Este fenómeno está asociado con deslizamientos de grandes masas de material sólido que se han concentrado en sitios inestables. La inestabilidad es causada por factores geotécnicos que tienen que ver con las

pendientes de los taludes, el manejo inadecuado del suelo, la tala de árboles y el almacenamiento de agua lluvia en los suelos. (Silva, 2003)

4.3.6 Entisoles. Son los suelos más jóvenes según la Soil Taxonomy; no tienen, o de tenerlas son escasas, evidencias de desarrollo de horizontes pedogenéticos. Sus propiedades están por ello fuertemente determinadas (heredadas) por el material original. De los horizontes diagnósticos únicamente presentan aquéllos que se originan con facilidad y rapidez; por tanto muchos Entisoles tienen un epipedión óchrico o antrópico, y sólo unos pocos tienen albico (los desarrollados a partir de arenas). Resumiendo, son suelos desarrollados sobre material parental no consolidado que en general no presentan horizontes genéticos (excepto un horizonte A), ni de diagnóstico. El perfil característico de un Entisol es AC, ACR, AR, A2C3C...nC. (Ibáñez, et al. 2011)

4.3.7 Inceptisoles. Se originan a partir de materiales coluvio aluviales; limitados por la presencia de un nivel freático fluctuante; de drenaje moderado a pobre; colores pardo oscuro a rojizo oscuro y gris oscuro en la superficie y gris verdoso en la profundidad. Un 40% de estos se originan a partir de cenizas volcánicas, son suelos de texturas moderadamente gruesas en la superficie a moderadamente finas y finas en el resto del perfil textura franco arenoso en la superficie y arenosa franca en profundidad. Presenta una reacción fuertemente ácida (POMCA, 2010).

4.3.8 Propiedades Físicas. Las propiedades físicas deben ser entendidas en conjunto y formando un todo armónico por cuanto se establece una íntima relación al estar asociadas con la producción que en muchos casos se constituyen en factores determinantes de ésta y algunas de ellas como la estructura han sido llamadas la clave de la productividad del suelo (Montenegro, 2003).

Montenegro (2003), divide a las propiedades físicas en dos grupos de acuerdo con su determinación y con sus fenómenos relacionados en: propiedades físicas fundamentales (color, textura, estructura, consistencia, la densidad y temperatura) y propiedades físicas derivadas (porosidad, capacidad de aire capacidad de agua, compactación y profundidad efectiva radical).

El suelo desde el punto de vista físico, se le puede definir como un sistema de gran complejidad, heterogéneo, disperso y trifásico (líquido, sólido, gaseoso). El suelo como sistema físico ha implicado tradicionalmente el comportamiento mecánico del suelo. (Sampat A. Gavande, 1991).

4.3.8.1 Densidad Aparente. La densidad aparente de un suelo es la relación que existe entre la masa o peso seco del suelo y la unidad de volumen aparente del mismo. El volumen aparente incluye a las partículas sólidas y el espacio poroso. (Malagón, 1990). Los suelos con valores de 1.1-1.3 gr/cm³ se consideran bajos; un suelo está compacto cuando poseen valores de densidad aparente mayores de 1.8 gr/cm³, (Pacheco M 1980) & (PLA, I.1997).

4.3.8.2 Densidad real (Dr). La densidad real es el peso de las partículas sólidas del suelo, relacionado con el volumen que ocupan, sin tener en cuenta su organización en el suelo, es decir, sin involucrar en el volumen el espacio ocupado por los poros; se deduce, entonces, su dependencia de la composición mineral del suelo y del contenido de algunos sólidos especiales en él, como la materia orgánica y los óxidos de hierro. (Jaramillo D, 2002)

4.3.8.3 Porosidad. La porosidad del suelo en los primeros centímetros de profundidad determina en gran medida la infiltración y el escurrimiento del agua que condiciona su transporte hacia niveles superficiales o profundos (Bruckler, 1998). El flujo de agua y aire en el suelo se realiza a través del espacio poroso condicionado por el tamaño, abundancia y distribución de poros (Bonneau & Levy, 1979). La porosidad debe ser considerada un indicador de la calidad del suelo por su capacidad para almacenar agua y permitir el intercambio fisicoquímico y biológico entre las diferentes fases presentes en el suelo (Karlen et al., 1997; Sojka & Upchurch, 1999; Ruiz-Camacho et al., 2009).

Las características morfológicas y volumétricas del espacio poroso en el perfil del suelo desempeñan un papel importante en el transporte y retención del agua; es por ello que el estudio de la porosidad edáfica tiene relevancia por su contribución a la captación y almacenamiento del agua en cuencas hidrológicas (Cécillon et al., 2009).

4.3.8.4 Textura del suelo. Es la proporción de cada elemento en el suelo, representada por el porcentaje de arena (Ar), arcilla (Ac), y limo (L).

Se considera que un suelo presenta buena textura cuando, la proporción de los elementos que lo constituyen, le brindan a la planta la posibilidad de ser un soporte que permite un buen desarrollo radicular y brinde un adecuado nivel de nutrientes.

La textura del suelo depende de la naturaleza de la roca madre y de los procesos de evolución del suelo, siendo el resultado de la acción e intensidad de los factores de formación de suelo

La textura del suelo está relacionada con el tamaño de las partículas minerales. Se refiere a la proporción relativa de los tamaños de varios grupos de partículas de un suelo. (Sampat A. Gavande, 1991).

El término textura se usa para representar la composición granulométrica del suelo. Cada termino textural corresponde con una determinada composición cuantitativa de arena, limo y arcilla. En los términos de textura se prescinde de los contenidos en gravas; se refieren a la fracción del suelo que se estudia en el laboratorio de análisis de suelos y que se conoce como tierra fina. Por ejemplo, un suelo que contiene un 25% de arena, 25% de limo y 50% de arcilla se dice que

tiene una textura arcillosa. Los términos texturales se definen de una manera gráfica en un diagrama triangular que representa los valores de las tres fracciones. El triángulo de textura muestra los límites de arena, limo y arcilla contenido en las diferentes clases de suelos. (edafologia.ugr.es, 2006)

4.3.8.5 Textura al tacto.

- **Arcilloso.** Se adhiere bastante, es fácilmente moldeable, las partículas no son visibles y la superficie brilla levemente.
- **Limoso.** Se adhiere a los dedos, se moldea con dificultad, los dedos dan apariencia grasosa y las partículas son brillantes.
- **Arenoso.** No se pega en los dedos, no se moldea como una masa y sus partículas individuales son visibles. (Luque, 2013)

4.3.8.6 Profundidad efectiva. La profundidad efectiva de un suelo es el espacio en el que las raíces de las plantas comunes pueden penetrar sin mayores obstáculos, con vistas a conseguir el agua y los nutrientes indispensables. Tal información resulta ser de suma importancia para el crecimiento de las plantas. La mayoría de las últimas pueden penetrar más de un metro, si las condiciones del suelo lo permiten. (Herrera, 2009)

4.3.8.7 Humedad gravimétrica. Es la relación entre la masa de agua y la masa de suelo una vez seco.

$$\theta_g (\%) = \frac{\text{Masa de agua}}{\text{Masa de suelo seco}} * 100 = \frac{Ma}{Ms} * 100$$

4.3.8.8 Humedad volumétrica. Es la relación entre el volumen de agua (Va) y el volumen total o aparente del suelo (Vt) una vez seco.

$$\theta_v (\%) = \frac{\text{Volumen de agua}}{\text{Volumen total del suelo}} * 100 = \frac{Va}{Vt} * 100$$

La humedad de la muestra también se puede expresar en base volumétrica, utilizando la siguiente fórmula

$$Hv = \frac{Da}{Dag} * Hg$$

Dónde:

Hg = Humedad gravimétrica.

Hv = Humedad volumétrica (ml agua/ 100 ml de suelo)

Da = Densidad aparente del suelo (g/ml)

Dag = Densidad del agua (g/ml)

4.3.9 Propiedades Químicas. La química de suelos se define como “La parte de la ciencia del suelo concerniente a la constitución química, a las propiedades y a las reacciones químicas de los suelos” (Soil Science Society of América Proceedings, (1965), citado por Lora (2010), es la ciencia que estudia las

propiedades químicas y sus componentes inorgánicos y orgánicos, así como los fenómenos a que da lugar la mezcla de esos componentes, que con un óptimo funcionamiento e interacción con el componente físico da lugar a un medio adecuado para el desarrollo de los cultivos (Lora, 2003 y Bornemisza, 1982).

4.3.9.1 pH del suelo. El pH del suelo, para Guerrero (1990), es una de las propiedades más importantes. En cierta manera el pH viene a ser como un indicador de otras importantes condiciones del suelo como son las propiedades químicas, mineralógicas y biológicas.

El pH es una propiedad química del suelo que tiene un efecto importante en el desarrollo de los seres vivos (incluidos microorganismos y plantas). La lectura de pH se refiere a la concentración de iones hidrógeno activos (H^+) que se da en la interfase líquida del suelo, por la interacción de los componentes sólidos y líquidos. La concentración de iones hidrógeno es fundamental en los procesos físicos, químicos y biológicos del suelo. El grado de acidez o alcalinidad de un suelo es determinado por medio de un electrodo de vidrio en un contenido de humedad específico o relación de suelo-agua, y expresado en términos de la escala de pH. El valor de pH es el logaritmo del recíproco de la concentración de iones hidrógeno, que se expresa por números positivos del 0 al 14. Tres son las condiciones posibles del pH en el suelo: la acidez, la neutralidad y la alcalinidad.

4.4 MARCO TEÓRICO

4.4.1 Antecedentes. El municipio de Sibundoy con una población de 14.050 habitantes, hace parte de la región del Alto Putumayo o Valle del Sibundoy. Entre el 9 y 10 de junio del 2014, esta población sufrió las graves consecuencias del desbordamiento de sus quebradas Hidráulica, Sinsayáco, Carrizayáco, Cedro, Lavapiés, Cabuyayáco, Río Putumayo y San Pedro, a causa de las fuertes lluvias que afectaron la región. Las inundaciones perturbaron cerca de 760 familillas, en su mayoría ubicadas en la parte baja del municipio, en comunidades como el Sagrado Corazón de Jesús y Leandro Agreda. En algunas zonas el nivel del agua ascendió hasta un metro y recobró su nivel dos días después, en varias viviendas el lodo que entró, causó detrimento total de bienes básicos como ropa, electrodomésticos, colchones y armarios.

Las inundaciones generaron afectaciones en cultivos de lulo, tomate, granadilla, frijol, maíz y pastos. Según reporte del CMGRD¹, se han perdido al menos 680 hectáreas de cultivos, generando importantes pérdidas económicas para el sector campesino e indígena, especialmente en las comunidades ubicadas en la parte baja del municipio. Estas zonas son muy fértiles y allí se concentra la producción de pan coger y cultivos productivos. En varios sitios se puede evidenciar la pérdida física del suelo en terrenos que han sido erosionados. Los cultivos fueron tapados

¹ CMGRD: Consejo Municipal para la Gestión del Riesgo de Desastres.

por lodo y arena, principalmente el de maíz, lo que indica la pérdida del 100% de la cosecha y en muchos casos de la semilla; esta situación generó también pérdidas de pie de cría, de alimentos perecederos que tenían almacenados y de pastos, estos últimos de gran importancia ya que las comunidades derivan su sustento de la leche y manifiestan que han tenido que mover sus animales y pagar altos costos por tenerlos en potreros para no perder la inversión. Muchos de los cultivos estaban próximos a cosecharse. Algunas familias habían realizado créditos para implementar sus cultivos, lo cual ha generado una crisis socioeconómica que ya se empieza a reflejar en el cambio de la dieta alimentaria familiar (aumento en el consumo de harinas, disminución de proteínas y verduras). Según un estudio realizado por ACF² en 2011, “de los 499 niños y niñas menores de cinco años que conformaron la muestra de la región del Alto Putumayo, 296 presentan algún tipo de malnutrición”. Este estudio concluyó que, “más de la mitad de la población infantil de esta zona, estaría recibiendo una dieta inadecuada para su edad, que no sólo afecta su condición fisiológica, sino que pone en riesgo su correcto crecimiento y desarrollo”. Dentro de la población afectada, se estima que cerca del 60% pertenecen al pueblo indígena Kamentsa.

Algunos aspectos que se han visto afectados según los resultados preliminares de las entrevistas MIRA- Multi-Cluster Initial Rapid Assessment, son:

- Seguridad alimentaria y nutrición: Disminución de huertas de autoconsumo y productivas. Reducción de semillas locales utilizadas en la renovación de sus parcelas y siembra de cultivos. Pérdida de especies menores y alimentos almacenados. Deterioro de infraestructura agropecuaria y presencia de lodo sobre las áreas productivas.
- Agua, saneamiento e higiene: Por los daños que se presentaron en la infraestructura del acueducto rural y urbano, no contó con el servicio permanente. El agua que llegaba a las veredas estaba contaminada, esto generó focos de contaminación; y
- Albergue y ayuda no alimentaria: Aproximadamente 40 familias perdieron todos sus enseres, incluyendo ropa, cobijas, colchones y algunos muebles.

4.4.2 Generalidades de los suelos. El suelo es la capa superficial de la corteza terrestre, es un conjunto complejo de elementos físicos, químicos y biológicos donde se desarrolla la vida en la superficie de la tierra porque en él se anclan, sostienen y alimentan las plantas que son la base de la agricultura y la ganadería. Por la complejidad de los procesos y transformaciones que allí se localizan, así que por la cantidad de seres vivos e interacciones que estos tienen entre sí y con los elementos minerales, el agua, el aire y la materia orgánica, se considera que el suelo es un verdadero sistema ecológico. Los nutrientes disponibles en los suelos serán inaccesibles para la humanidad si las plantas no las extrajeran para que sean transformados en productos alimenticios y materias primas (Murgueito *et al.*, 2010)

² ACF: Acción Contra el Hambre.

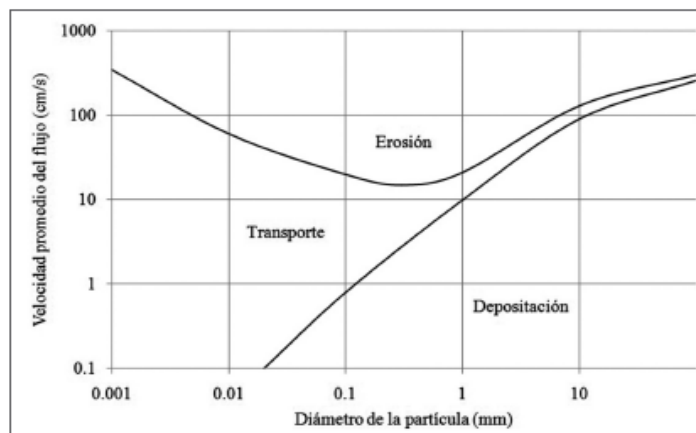
El suelo como cuerpo natural organizado, debe proporcionar a las raíces de las plantas las características físicas necesarias para su buen desarrollo y la suficiente disponibilidad de elementos nutritivos para que crezcan sin limitaciones, pero sufren cambios de acuerdo con las prácticas de uso y manejo a las que se hallan sometidas (Herrera, 2009).

No todos los suelos son iguales en términos de su resistencia a la erosión. La erosibilidad de un suelo en particular está en función de variables como textura, contenido de materia orgánica, estructura y permeabilidad (Morgan, 2005).

La textura de un suelo es importante para definir su nivel de erodabilidad, pues no todas las clases texturales se erosionan con la misma facilidad. La velocidad límite de un flujo de agua, para la cual se desprenderá una partícula de tamaño dado, se ilustra en la Figura 2. Es interesante darse cuenta que son las partículas medianas las que más fácilmente se erosionan. Si bien las partículas más finas son más livianas, éstas poseen una mayor superficie de contacto entre ellas y, por lo tanto, una mayor cohesividad, lo que las hace más resistentes a la erosión.

Por otro lado, las partículas más gruesas son más pesadas, lo que también aumenta su resistencia a la erosión. Sin embargo, las partículas medianas (0,1 a 1 mm) no poseen cohesividad ni peso relevantes, por lo que son éstas las más erosionables. Por esta razón, se dice que la variable decisiva, en términos de la erosión con respecto a la textura del suelo, es el porcentaje de limo, pues dicha clase textural se encuentra entre las clases arcilla y arena, siguiendo el mismo principio antes descrito. No obstante, se debe tener en cuenta que las escalas utilizadas para definir arena, limo y arcilla varían internacionalmente, resaltando las escalas estadounidense, rusa, francesa, británica y alemana, entre otras (Morris y Fan, 1997).

Figura 2. Diagrama de Hjulstrom 1935, el cual indica la velocidad mínima requerida para desprender, transportar o depositar partículas de suelo, según su diámetro, para flujos de agua.



Fuente: UNESCO, 2010.

La estructura y permeabilidad de un suelo también juegan un rol preponderante en la determinación de la erosibilidad, debido a su influencia en la cohesividad de las partículas y la infiltración del agua entre los conglomerados en cuestión. No olvidemos que la capacidad de infiltración de un suelo está en directa relación con la generación de escurrimiento superficial, responsable de la erosión laminar y otros procesos de erosión hídrica. Los suelos sin estructura definida, así como los suelos de estructura granular, por lo general poseen una alta capacidad de infiltración, es decir que son menos susceptibles a la erosión laminar. Por otro lado, los suelos de estructura masiva y plateada son más fáciles de erosionar, pues poseen tasas de infiltración menores (García & Chevesich, 2008).

4.4.3 Degradación de los suelos. Según Matlock, citado por Cheveli *et al* (2006), la degradación del suelo fue definida como un proceso insidioso que puede ser expresado como el efecto acumulativo de una serie de acciones, que pueden o no ser evidentes tales como la reducción o desaparición de la vegetación, mayor tasa de escorrentía y menor infiltración de las precipitaciones, que conducen a la erosión creciente del suelo y a la pérdida de fertilidad.

La pérdida de recursos de suelos debido a su degradación es un tema importante a escala global, por sus efectos negativos sobre la productividad y la competitividad agrícola, el medio ambiente y la seguridad alimentaria. Se trata de un tema de especial relevancia para los países en desarrollo, ya que su crecimiento poblacional pone cada vez mayor presión sobre los recursos de suelo y los recursos naturales en general.

La degradación de los suelos es un problema que a largo plazo, afecta significativamente la base de los recursos naturales, la capacidad de producir alimentos y la seguridad alimentaria en el planeta, en particular de los grupos poblacionales de menores recursos económicos (Rivas *et al*, 2004).

4.4.4 Efecto de la sedimentación en el suelo. Las propiedades hidrológicas de los suelos que tienen una gran influencia sobre la escorrentía superficial y el transporte de sedimentos son, entre otros, las tasas de infiltración y permeabilidad (Ward & Trimble, 2004).

Numerosos estudios han demostrado que la tasa de infiltración en bosques con suelos no alterados, normalmente excede la intensidad de la lluvia y, por lo tanto, predominan los flujos subsuperficiales (Lee 1980, Ward & Trimble 2004).

El sistema radical profundo y bien desarrollado de la vegetación arbórea, la materia orgánica, la actividad biológica del suelo, la alta porosidad y la baja densidad aparente, especialmente del horizonte A, favorecen los flujos subsuperficiales (Germer *et al*. 2010).

La infiltración depende de varios factores, como las propiedades del terreno (posición en la pendiente y ondulación) y otros propios del suelo, como textura, estructura, contenido de agua precedente, tamaño y continuidad de poros, potencial matricial y cobertura vegetal (Terlien 1998, Lal y Shukla 2004). En general, un suelo seco tendrá una tasa de infiltración mayor que uno húmedo, y poros que están mejor conectados incrementan la tasa de infiltración. Diversos estudios han demostrado que las tasas de infiltración a menudo decrecen cuando la cobertura vegetal es escasa (Lee 1980, Cerda 1998, Mayor et al. 2009, Turnbull et al. 2010).

Sin embargo, en suelos severamente alterados, el flujo superficial puede transportar cantidades importantes de sedimentos desde las laderas hacia los esteros aun con la presencia de una franja riberena (Gomi et al. 2005, Karwan et al. 2007). Desde un punto de vista ecológico, las cargas de sedimentos de fondo, notablemente mayores, son las más importantes debido a que contribuyen a la colmatación de los cauces con la consiguiente perturbación sobre los organismos que habitan en la zona.

Se debe considerar que las tasas de sedimentos exportados pueden tener fuertes fluctuaciones anuales dependiendo de las características de las precipitaciones (frecuencia, duración e intensidad) y de la disponibilidad de sedimentos. (Iroumé, 1992).

4.4.5 Sedimentación o depositación. El proceso general por el que se asienta el material producto de las rocas se llama sedimentación o depositación. Los factores que regulan la sedimentación son fáciles de visualizar. Para tener cualquier depósito, necesariamente debe haber algo que depositar, lo que quiere decir que debe existir una fuente de sedimentos. Se necesita también algún medio para transportar este sedimento y finalmente, debe disponerse de algún lugar y algún proceso para el depósito del material sedimentario.

El material detrítico (material formado por fragmentos de rocas y de minerales, que conforman los guijarros, arenas, limos y arcillas) se deposita cuando su agente de transporte deja de tener la energía suficiente para seguir desplazándolo. Por ejemplo, una corriente fluvial que fluye a cierta velocidad posee energía suficiente para mover partículas hasta determinado tamaño. Si la corriente pierde velocidad, también pierde energía y no es ya capaz de transportar todo el material que había estado trasladando a la máxima velocidad. Las partículas sólidas, comenzando por las más pesadas, empiezan a posarse en el fondo. El efecto es muy parecido al que ocurre cuando un viento que ha estado llevando arena a través del desierto, cesa repentinamente. La pérdida de energía implica pérdida de velocidad.

El material transportado en solución se deposita por precipitación, un proceso químico que convierte en sólido al material disuelto separándolo del líquido solvente. La precipitación puede ser de naturaleza bioquímica o inorgánica.

Todo el proceso de sedimentación es complejo y son muchos los factores involucrados que pueden interactuar en muy diversas formas. Consecuentemente, el modo en que se efectúa la sedimentación y los depósitos que de ella resultan, difieren notablemente de una situación a otra, según las condiciones de erosión, ya sea fluvial, lacustre, glaciario, eólico o marino.

Estos sedimentos al depositarse pueden formar capas u otras estructuras, como laminaciones cruzadas o paralelas, estratificación, gradación del tamaño de los granos. Posteriormente y con el tiempo, estos depósitos sufren procesos de cementación, compactación y desecación, para convertirse en rocas sedimentarias. (Universidad del Cauca, 2007)

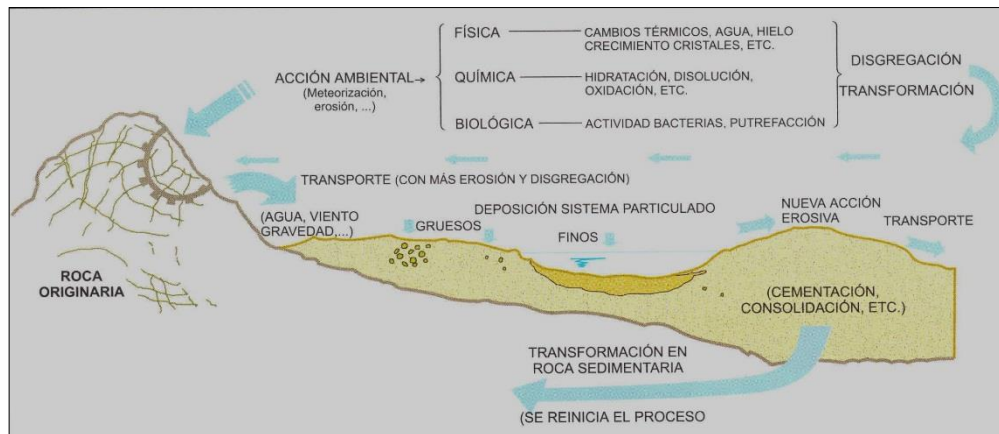
4.4.6 Suelos sedimentarios. La formación de los suelos sedimentarios puede explicarse más adecuadamente considerando la formación, el transporte y el depósito de los sedimentos. Figura 3.

El modo principal de la formación de sedimentos lo constituye la meteorización física y química de las rocas en la superficie terrestre. En general, las partículas de limo, arena y grava se forman por la meteorización física de las rocas, mientras que las partículas arcillosas proceden de la alteración química de las mismas.

Los sedimentos pueden ser transportados por cualquiera de los cinco agentes siguientes: agua, aire, hielo, gravedad y organismos vivos. El transporte afecta a los sedimentos de dos formas principales: a) modifica la forma, el tamaño y la textura de las partículas por abrasión, desgaste, impacto y disolución; b) produce una clasificación o graduación de las partículas.

Después de que las partículas se han formado y han sido transportadas se depositan para formar un suelo sedimentario. Las tres causas principales de este depósito en el agua son la reducción de la velocidad, la disminución de la solubilidad y el aumento de electrolitos. Cuando una corriente de agua desemboca en un lago, océano, etc., pierde la mayor parte de su velocidad. Disminuye así la fuerza de la corriente y se produce una sedimentación. Cualquier cambio en la temperatura del agua o en su naturaleza química puede provocar una reducción en la solubilidad de la corriente, produciéndose la precipitación de algunos de los elementos disueltos (Rodríguez, 2008).

Figura 3. Esquema del proceso de formación de los suelos.



Fuente: Rodríguez (2008).

4.4.7 Suelos residuales y transportados. Los productos del ataque de los agentes de intemperismo pueden quedar en el lugar, directamente sobre la roca de la cual derivan, dando así a origen a suelos llamados residuales. Pero esos productos pueden ser removidos del lugar de formación, por los mismos agentes geológicos y redepositados en otra zona. Así se generan suelos que sobreyacen sobre otros estratos sin relación directa con ellos; a estos suelos se les denomina transportados. Existen en la naturaleza numerosos agentes de transporte, de los cuales pueden citarse como principales los glaciares, el viento, los ríos y corrientes de agua superficial, los mares y las fuerzas de gravedad; estos factores actúan a menudo combinándose. La combinación del escurrimiento de aguas en las laderas de colinas y montes y de las fuerzas del campo gravitacional, forma los depósitos de talud, en las faldas de las elevaciones; estos depósitos suelen ser heterogéneos, sueltos y predominantemente formados por materiales gruesos. El escurrimiento de torrentes produce arrastre de materiales de gran tamaño (mayor a velocidades crecientes en el agua), que se depositan en forma graduada a lo largo de su cuerpo, correspondiendo los materiales más finos a las zonas planas de los valles. Los ríos acarrean materiales de muy diversas graduaciones, depositándolos a lo largo de su perfil, según varíe la velocidad de su curso; al ir disminuyendo ésta, la capacidad de acarreo de la corriente se hace menor, depositándose los materiales más gruesos. De esta manera el río transporta y deposita suelos según sus tamaños decrecientes, correspondiendo las partículas más finas (limos y arcillas) a depósitos próximos a su desembocadura. En general, un suelo transportado queda descrito por un "perfil estratigráfico", que resalta la secuencia de colocación y el espesor de sus estratos. (Juárez & Rico. 2008)

4.4.8 Relación Agua - Suelo. Estos elementos son vitales en el desarrollo de la vida en el planeta, puesto que por una parte, el suelo sirve de soporte y sustento de la vida por ser la capa superficial que presenta las condiciones óptimas en cuanto a proporcionar los nutrientes necesarios para las plantas, animales y otros

seres vivos que dependen de esto para poder subsistir. No obstante, el agua juega un papel muy importante debido al aporte nutricional y mineralógico que hace sobre el suelo, plantas, animales y al hombre. Se puede decir que no existe un suelo sin agua ya que al perder humedad, el suelo pierde sus propiedades productivas y las formas de vida existentes en él, desaparecen; además, las plantas que puedan soportar estas condiciones, deberán realizar un mayor esfuerzo para poder obtener cierta cantidad de humedad que aún puede encontrarse.

4.4.9 El Agua en el Suelo. Ya sea por precipitaciones, por riego, o por ascenso capilar el agua que entra al suelo, desplaza al aire presente en los macro y microporos del suelo, para ir llenándose con agua. También puede ocurrir el efecto contrario, es decir, los poros del suelo llenos con agua van desocupándose y siendo desplazados por el aire de la atmósfera del suelo. Si se aplica agua en una gran cantidad, estos poros se pueden saturar y se llega a establecer su máxima capacidad de almacenamiento, expresado en términos del contenido de humedad en saturación θ_s . Parte del agua es drenada por la acción de la gravedad.

Ya cuando es finalizado el proceso de drenaje, se dice entonces que el suelo está en el contenido de humedad de Capacidad de Campo, concepto que indica la cantidad de agua que el suelo es capaz de retener contra la fuerza de gravedad. Cuando el suelo se va secando debido a la absorción del agua por la planta o por evaporación, el contenido de humedad disminuye. Si la planta llega a una situación de marchitez, se establece en el suelo el contenido de humedad en punto de marchitez permanente. (θ_{pmp}). En estas condiciones la planta, en términos energéticos, realiza un esfuerzo mucho más grande para extraer humedad del suelo; que el generado por la planta y no se obtiene la suficiente cantidad de agua para satisfacer sus requerimientos. Si persiste un decremento continuo en el contenido de humedad del suelo, puede alcanzarse el Coeficiente Higroscópico, que según Navarro & Navarro (2003), es la cantidad de agua que permanece en un suelo secado al aire.

4.4.10 Estructura del Suelo. La estructura del suelo depende de la distribución del tamaño de las partículas de la fracción arcillosa y no arcillosa, el estado de la fracción arcillosa, el efecto de los componentes orgánicos e inorgánicos al cementar las partículas del suelo, actividad biológica y las prácticas de cultivo existentes.

La estructura del suelo se clasifica cualitativamente como granular (partículas sueltas), masiva (bloques grandes) y agregados (intermedio). Los agregados naturales son descritos por su forma, bloques, prisma, plana. La importancia de la estructura, se encuentra en su incidencia sobre factores que potencian el desarrollo adecuado de los cultivos tales como: aireación del suelo, penetración de las raíces, almacenamiento y movimiento del agua del suelo y la actividad microbológica, entre otras.

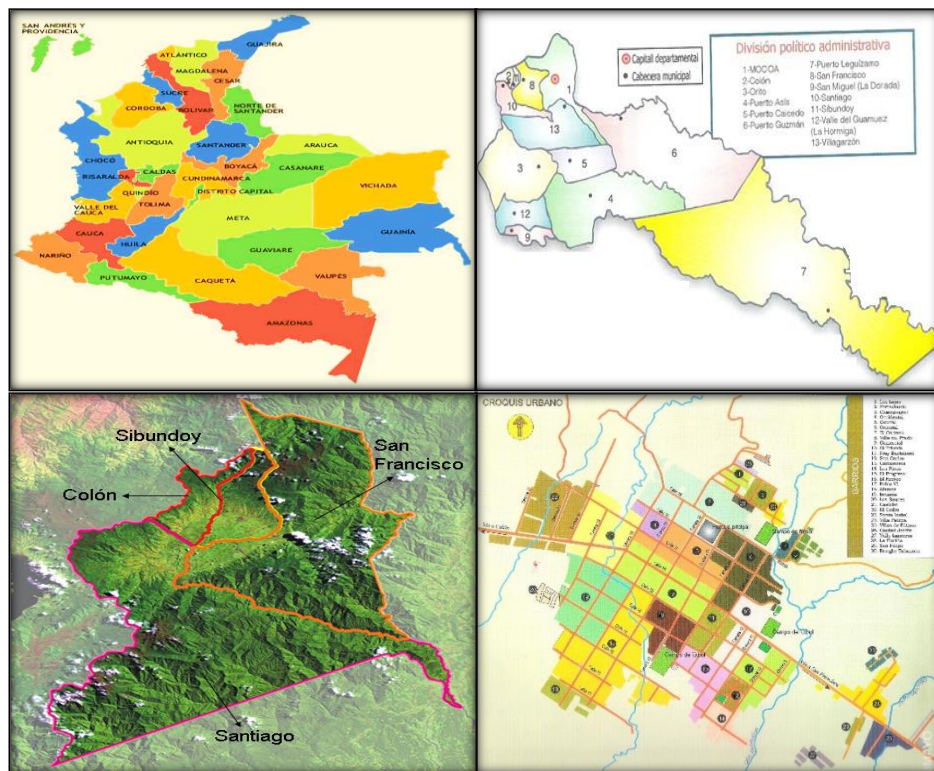
Una propiedad interesante del suelo es su estabilidad estructural, entendiéndose como tal la resistencia al impacto de las gotas de lluvia, al paso del agua de riego y/o escorrentía y a las condiciones de encharcamiento. El grado de estabilidad estructural juega un papel importante en los procesos erosivos. La estabilidad depende del contenido de materia orgánica, de la cantidad de limos y especialmente arenas con relación a la cantidad de arcilla; también la presencia de materiales cementantes tales como hierro y aluminio y la acción de iones como calcio y sodio afectan la estabilidad. Navarro & Navarro (2003).

5. METODOLOGÍA

5.1 LOCALIZACIÓN

La investigación se realizó en la parte media y baja de la microcuenca la Hidráulica ubicada en el municipio de Sibundoy con coordenadas geográficas N 01°12'28,50" - W 76°54'39,20" en su parte media y N 01°09'27,11" - W 76°57'56,44" en la parte baja, de acuerdo con el plan de ordenamiento de la cuenca alta del río Putumayo (2010), (Figura 4). El área de estudio correspondió a las riveras del cauce principal, teniendo en cuenta las rondas hídricas establecidas por el Decreto Ley 2811 de 1974 en su artículo 83 que determina un ancho de 30 mts a cada lado desde talud de la microcuenca, se encuentra ubicada entre las altitudes 2250 m.s.n.m en la parte media hasta los 2100 m.s.n.m en la zona plana aproximadamente, el estudio evaluó una longitud cercanos a los 6 Km iniciando desde la antigua bocatoma del acueducto municipal hasta el sitio denominado las juntas donde desemboca al cauce antiguo del río Putumayo, cuenta con una temperatura promedio anual 16 °C, precipitación anual 1.715 mm, humedad relativa 83 %, según la clasificación de Holdridge, pertenece a la zona de vida Bosque húmedo montano bajo (bh-MB). (POMCA 2010)

Figura 4. Localización de la microcuenca la Hidráulica, Municipio de Sibundoy.



Fuente: Esta investigación.

5.2 DESCRIPCIÓN DE MUESTREO EN CAMPO

Para llevar a cabo la investigación fue necesario conocer los efectos que la ola invernal produjo en los diferentes sistemas productivos ubicados en la parte media y baja de las rondas de la microcuenca, por lo cual se diseñó una encuesta (Anexo A), dirigida a una muestra representativa de la población asentada en suelos del área de estudio.

Una vez aplicada la encuesta (figuras 5 y 6) se pudo determinar los siguientes aspectos:

1. El uso actual que se está realizando sobre los suelos ubicados en el área de estudio.
2. El efecto originado por la sedimentación de material erosionado, arrastrado y posteriormente acumulado sobre la productividad de los suelos.

Figuras 5 y 6. Aplicación de encuesta.



Fuente: Esta investigación.

Es importante tener en cuenta que los eventos que generaron problemas de mayor sedimentación e inundaciones en las zonas de estudio, se presentaron el día 9 de Junio con una precipitación de 42,7 mm generando avalanchas torrenciales que llevaron a la colmatación por sedimentos de los cauces y por ende ocasionando problemática ambiental, sanitaria y social de la zona de estudio.

En la investigación se determinaron los tipos de suelo que presenta la microcuenca a lo largo de su recorrido.

Según el Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Alta – Alta del río Putumayo. (POMCA, 2010), dicha microcuenca se ubica en las asociaciones Santiago,

Chilcayáco, y consociaciones San Jorge y Santiago, las cuales presentan las siguientes características en sus suelos. Figura 7.

La microcuenca la Hidráulica posee el 33, 38% de los suelos o alrededor de 827,22 ha tienen características taxonómicas de la consociación San Jorge o se están formado en un 90% de suelos entisoles y un 10% de suelos histosoles, se caracterizan por ser muy superficiales y pobremente drenados, de color pardo rojizo oscuro y gris parduzco claro en superficie y pardo grisáceo manchado de pardo fuerte y rojo amarillento en los horizontes inferiores

5.2.1 Consociación Santiago (SP). Los suelos que conforman esta unidad de mapeo se ubican en las áreas que circundan los municipios de Sibundoy y San Francisco, en alturas generalmente por encima de los 2800 m.s.n.m. con un clima muy frío y húmedo y una formación vegetal correspondiente al bosque pluvial montano (bp-M). El relieve es ligeramente ondulado a fuertemente quebrado, con pendientes cortas y que varían de 3 a 65% modelado por depósitos de cenizas volcánicas; los procesos geomorfológicos más dinámicos han sido el escurrimiento difuso, los deslizamientos y las patas de vaca. Presentan ciertas erosiones en algunos sectores.

Actualmente las tierras están cubiertas con pastos naturales, cultivos de frijol *Faseolus vulgaris*, lulo *Solanum quitoense*, tomate *Chypomandra betacea*, granadilla *Pasiflora sp.*

La consociación está formada por suelos inceptisoles en un 100% con suelos del suborden udepts que ocupan áreas con relieves suaves y quebradas en toda su extensión.

5.2.2 Asociación Chilcayáco (SI). Los suelos que conforman esta asociación se ubican en la altiplanicie, en alturas menores de 2200 m.s.n.m. Presentan un relieve plano a ligeramente inclinado, con pendientes de 1 a 8% modelado en sectores por capas volcánicas. Las tierras usualmente se encuentran en pasturas para el sostenimiento de ganado con propósito lechero.

La Asociación Chilcayáco está conformada en un 85% por suelos inceptisoles los cuales en su mayoría son muy superficiales; se originan a partir de materiales coluvio aluviales; limitados por la presencia de un nivel freático fluctuante; de drenaje moderado a pobre; colores pardo oscuro a rojizo oscuro y gris oscuro en la superficie y gris verdoso en la profundidad. Un 40% de estos se originan a partir de cenizas volcánicas, son suelos de texturas moderadamente gruesas en la superficie a moderadamente finas y finas en el resto del perfil textura franco arenoso en la superficie y arenosa franca en profundidad. Presenta una reacción fuertemente acida.

Otro 15% corresponde a suelos entisoles de poca extensión, muy superficiales, limitados por encharcamiento y drenaje natural pobre. Son de color pardo rojizo oscuro y gris parduzco claro en los primeros horizontes y pardo grisáceo, con manchas de pardo fuerte y rojo amarillento en los horizontes profundos; las texturas son francas y el pH muy fuerte a fuertemente ácido.

En fases de pendientes mayores la vegetación que es de bosque secundario se compone generalmente de especies nativas tales como chilco *bacharis floribunda*, cordoncillo, helechos *Alsophila conjugata*, laurel *laurus nobilis*, granicillo, *Hedyosmum translucidum* sietecueros *tibouchina sp*, mientras que en fases de pendientes menores se encuentran especies forestales introducidas como ciprés *Cupressus sempervives*, pino patula *pinus patula*, eucalipto *Eucalyptus globulus* y acacia *Acacia melaxilium*. En general los sistemas productivos de esta asociación están dedicados a la ganadería de propósito lechero con pastos de kikuyo y rye grass y a los cultivos de frijol, maíz, tomate y lulo.

5.2.3 Consociación San Jorge. Los suelos que conforman esta unidad de mapeo se ubican en la parte circundante de la llanura lacustre, en superficies amplias, de relieve plano cóncavo y pendientes menores al 1%. Están desarrollados a partir de sedimentos fluvio lacustres, con drenaje natural pobre. La Consociación está conformada por un 90% de suelos entisoles y un 10% de suelos histosoles, se caracterizan por ser muy superficiales y pobremente drenados, de color pardo rojizo oscuro y gris parduzco claro en superficie y pardo grisáceo manchado de pardo fuerte y rojo amarillento en los horizontes inferiores. Las texturas son francas y el pH muy fuerte a fuertemente ácido.

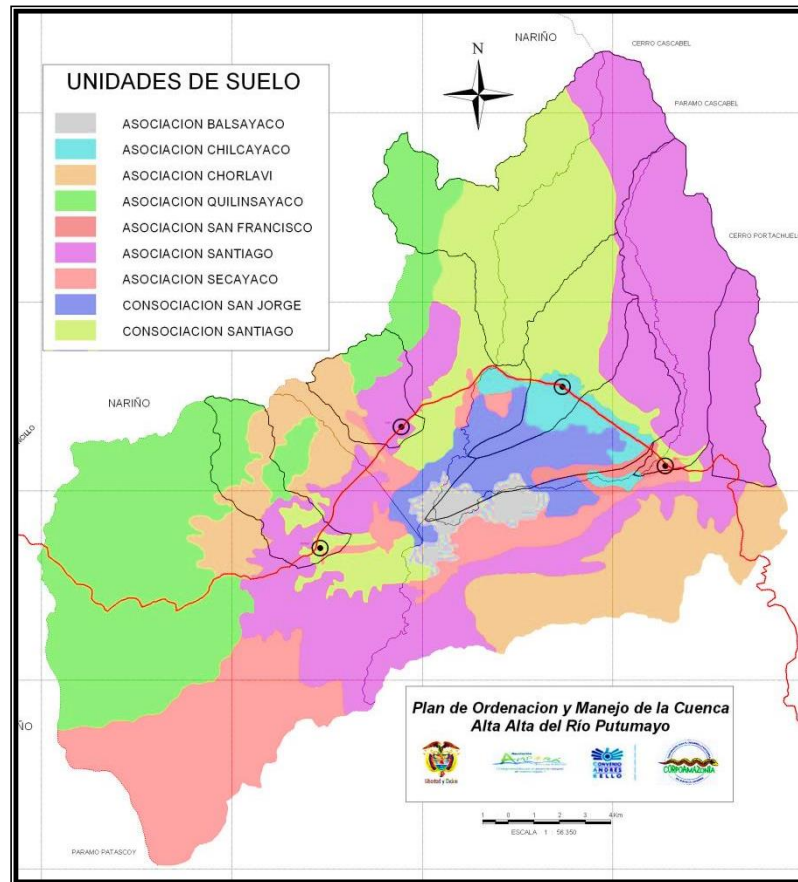
Actualmente las tierras se usan en cultivos de frijol, maíz, potreros con pastos naturales y mejorados también existen parcelas en huertos y chagras.

5.2.4 Asociación Balsayaco (BS). Los suelos que conforman esta unidad de mapeo ocupan superficies amplias, de relieve plano - cóncavo, con drenaje natural pantanoso a muy pobremente drenado. En general, estos suelos se han desarrollado a partir de acumulaciones de materiales orgánicos sin descomponerse o en estado medio de descomposición, en un medio lacustre anaeróbico, continuamente saturado de agua. Las tierras actualmente se encuentran cubiertas de vegetación de pantano, especialmente totora *Schoenoplectus californicus*, cortadera *cortadeira sp.*, totorilla *Juncos effusus*, zarza y agudas variedades de juncos. Se encuentran también sectores en ganadería propósito lechero y cultivos de frijol, lulo, tomate, maíz. Algunas áreas tienen un uso limitado por el alto nivel freático durante los meses de mayo, junio y julio. La asociación está conformada por suelos histosoles en su 100% Los suelos presentan en común, altos porcentajes de carbono orgánico, alta capacidad de intercambio catiónico. pH fuerte a muy fuertemente ácido y profundidad efectiva superficial.

De este porcentaje el 70% corresponde a suelos del suborden Hemists los cuales presentan capas orgánicas, de color gris muy oscuro a negro, que descansan sobre capas orgánicas poco alteradas de color pardo rojizo oscuro medianamente descompuestas, en un 20% de estos se halla capa mineral intercalada con capas de materiales orgánicos, en estado intermedio de descomposición, estos suelos son utilizados con ganadería holstein propósito lechero con pastos tales como kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), Saboya (*sasasasa*).

El 30% restante corresponde al suborden Fibrists presentando capas orgánicas poco alteradas, de colores pardos rojizos oscuro a pardo oscuros, con contenido de fibras mayor del 70% por volumen. Estos suelos se ubican en las zonas de pantano con vegetación de totora.

Figura 7. Espacialización de las unidades de suelo en las siete microcuencas abastecedoras de acueducto urbano y rural.



Fuente: POMCA 2010.

Una vez hecho el recorrido de campo, se procedió a evaluar algunas de las

propiedades físicas y pH para lo cual se realizaron 10 calicatas por cada Kilometro lineal de 30 cm x 30 cm x 50 cm de profundidad, las cuales se hicieron en forma equidistante en el área seleccionada, tomando muestras a profundidades hasta encontrar la capa original del suelo cubierta por material sedimentado. (Figuras 8 y 9)

Figura 8. Realizacion de Calicata.



Figura 9. Calicata.



Fuente: Esta investigación.

Las muestras se separaron para su análisis teniendo en cuenta el tipo de suelo donde fueron tomadas.

5.3 VARIABLES EVALUADAS

Para evaluarlas se usaron indicadores de la siguiente manera.

5.3.1 Propiedades físicas. Profundidad efectiva, textura al tacto, color en seco y húmedo, densidad aparente (g/cc), densidad real (g/cc), humedad gravimétrica (%), humedad volumétrica (%) y porosidad (%).

Las variables evaluadas, su respectivo método de determinación y cálculos se realizaron de la siguiente manera (Tabla 2).

Tabla 2. Variables y técnicas utilizadas para las propiedades físicas de los suelos.

VARIABLES FÍSICAS	MÉTODO DE CARACTERIZACIÓN	AUTOR
Textura al tacto	Metodología organoléptica	
Densidad real	Picnómetro	
Densidad aparente	Núcleo (Cilindro volumen conocido)	Madriñan 2001
Porosidad	$1 - (\text{Den aparente} / \text{Den real}) \times 100$	Madriñan 2001
Color en seco y húmedo	Tabla Munsell	Forsythe 1972
Humedad gravimétrica	Estufa a 105 °C	Munsell
Humedad volumétrica	$(D_a / D_g) \times H_g$	Forsythe 1972
		Forsythe 1972

Para determinar la densidad aparente, se utilizaron anillos de acero de 2,5 cm de alto y 5 cm de diámetro. Las muestras se realizaron tomando una en la capa sedimentada y otra en la capa original del suelo, para la densidad real se tomaron muestras disturbadas con barreno en las mismas calicatas empleadas anteriormente. (Figuras 10 y 11)

Figuras 10 y 11. Toma de muestras con anillos.



Fuente: Esta investigación.

5.3.2 Propiedades químicas. Las muestras se tomaron a 20 cm de profundidad en relación con la superficie del suelo. Para extraer cada submuestra, se utilizó el barreno para facilitar la estandarización de la profundidad y cantidad de suelo. El muestreo se hizo tanto en la capa sedimentada como en la capa original.

Cada muestra tuvo un peso de 200 g de suelo para la determinación del pH. (Figuras 12 y 13)

Figura 12. Peso de la muestra para pH.



Figura 13. Determinación de pH.



Fuente: Esta investigación.

Una vez realizados los análisis se interpretaron con la Tabla 3 de valoración propuesta por Castro & Gómez 2013.

Tabla 3. Estándares generales para interpretar análisis de suelos.

pH	Estimativo
<4,5	Extremadamente ácido
4,5 – 5,0	Muy fuertemente ácido
5,1 – 5,5	Fuertemente ácido
5,6 – 6	Moderadamente ácido
6,1 – 6,5	Ligeramente ácido
6,6 – 7,3	Neutro
7,4 – 7,9	Alcalino calcáreo
>7,9 – 8,4	Moderadamente alcalino (Na)
>8,4 – 9,0	Fuertemente alcalino (Na)

Fuente: Castro & Gómez 2013.

Las caracterizaciones químicas se evaluaron siguiendo las variables, métodos y referencias propuestos en la Tabla 4.

Tabla 4. Variables y técnicas utilizadas para las propiedades químicas de los suelos.

VARIABLES QUÍMICAS	MÉTODO DE CARACTERIZACIÓN	NTC
pH	Potenciométrico, relación suelo agua 1:1	5262

Fuente: NTC.

5.4 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Se delimitó las unidades del suelo que corresponden a la ubicación de la microcuenca que incluye las Consociación Santiago, Asociación Chilcayáco, Consociación San Jorge y Asociación Balsayáco. Tabla 5.

Tabla 5. Georeferenciación unidades de suelo evaluadas.

UNIDADES DEL SUELO	COORDENADAS			
	Desde		Hasta	
	N	W	N	W
Consociación Santiago	01°12'29,0"	076°54'38,05"	01°12'24,38"	076°54'45,12"
Asociación Chilcayáco	01°12'24,38"	076°54'45,12"	01°11'18,35"	076°55'30,43"
Consociación San Jorge	01°11'18,35"	076°55'30,43"	01°10'17,83"	076°57'26,69"
Asociación Balsayáco	01°10'17,83"	076°57'26,69"	01°09'27,20"	076°57'56,20"

Fuente: Esta investigación.

Para la discusión de los resultados, se tomaron los valores obtenidos en cada una de las variables evaluadas y se realizó una comparación entre la capa sedimentada y la capa original del suelo. Esta evaluación permitió determinar los cambios que han sufrido algunas propiedades físicas como Textura, Densidad aparente, Densidad real, Humedad gravimétrica y volumétrica, Color, Profundidad efectiva y pH como propiedad química, causados por efectos de la acumulación de sedimentos

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El presente capítulo se divide en dos partes: el primero de ellos reúne la información discutida a través de los resultados obtenidos de las variables evaluadas y realizando una comparación entre la capa de sedimentos y la original de base, y en el segundo se hace una discusión de los resultados obtenidos en la encuesta realizada a la comunidad aledaña a la microcuenca.

6.1 PROPIEDADES FÍSICAS

6.1.1 Color. Esta variable se determinó en suelo en estado seco como en húmedo (Figuras 14 y 15), ya que de acuerdo a Valenzuela y Torrente (2010), el color del suelo cambia ligeramente con su contenido de humedad; se ha solucionado este problema indicando si la determinación se efectuó en seco o húmedo, además se separaron los valores de la capa sedimentada (A) y los valores de la capa original de base (B). Esto último concuerda con lo encontrado en esta investigación en las diferentes unidades de suelo por donde recorre la microcuenca La Hidráulica.

Figura 14. Determinación de color.



Figura 15. Registro de datos Obtenidos.



Fuente: Esta investigación.

Según Salamanca (1984) afirma que el color es una característica importante que se debe a los factores esenciales: el contenido de humus y la naturaleza química de los compuestos de hierros presentes. El humus tiene un color marrón oscuro, casi negro; un contenido muy alto, puede enmascarar el color de la materia mineral, hasta el grado que aparezca casi negra. El hierro ejerce influencia, en coloraciones que tiene del rojo al amarillo o al gris, dependiendo del tipo de compuesto de hierro presente. Los compuestos de este elemento, que más influencia tienen en el suelo para dar color son los óxidos y los hidróxidos así:

- Oxido ferroso: FeO da coloración gris.
- Oxido férrico: Fe_2O_3 da coloración roja.
- Oxido férrico hidratado: $2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ da coloración amarilla.

Existen varios grados de hidratación y su color varía entre el rojo y el amarillo. El hierro hidratado que da coloración amarilla, se debe a la presencia del oxígeno con la humedad. Un exceso de agua y ausencia de oxígeno, favorece a la formación de microorganismos anaerobios, que reducen el hierro férrico a ferroso, pasando el color de rojo a gris; el color rojo supone una buena aireación, no así el gris.

Los resultados de la capa sedimentada (A) son los siguientes:

Para la Consociación Santiago se observaron 6 tonalidades diferentes de las cuales 3 tonalidades pertenecieron a suelo húmedo y 3 a suelo seco, para la Asociación Chilcayáco 22 tonalidades de las cuales 12 correspondieron a coloraciones para suelo húmedo y 12 para suelos en estado seco. Para la Consociación San Jorge se encontraron 23 tonalidades de las cuales 11 pertenecieron a coloraciones en estado húmedo y 12 para suelo en estado seco. Para la Asociación Balsayáco se hallaron 18 diferentes tonalidades de las cuales 10 correspondieron a suelo en estado húmedo y 9 a suelo seco. (Anexo B).

Para la capa original de base (B) en la Consociación Santiago se observaron 5 tonalidades diferentes de las cuales 3 tonalidades pertenecieron a suelo húmedo y 2 a suelo seco, para la Asociación Chilcayáco 23 tonalidades de las cuales 14 correspondieron a coloraciones para suelo húmedo y 10 para suelos en estado seco. Para la Consociación San Jorge se encontraron 21 tonalidades de las cuales 12 pertenecieron a coloraciones en estado húmedo y 9 para suelo en estado seco. Para la Asociación Balsayáco se hallaron 15 diferentes tonalidades de las cuales 8 correspondieron a suelo en estado húmedo y 7 a suelo seco (Anexo C).

A pesar de que los suelos evaluados corresponden a diferentes unidades con características colorimétricas diferentes, la tendencia de las 120 caracterizaciones de color siempre se mantuvo como podemos observar en las Tabla 6 a la 13, tornándose de colores más claros la capa A y más oscuros en la capa B

Tabla 6. Color capa sedimentada (A), Consociación Santiago.

CLASE	COLOR	NÚMERO DE MUESTRAS		PORCENTAJE (%)		
		SUELO HÚMEDO	SUELO SECO	SUELO HÚMEDO	SUELO SECO	
1	10YR 3/2	Pardo gris muy oscuro	1		33,3	0,0
2	10YR 4/3	Pardo oscuro	1		33,3	0,0
3	10YR 3/3	Pardo oscuro	1		33,3	0,0
4	10YR 4/2	Pardo gris oscuro		1	0,0	33,3
5	2,5Y 7/4	Amarillo pálido		1	0,0	33,3
6	10YR 5/3	Pardo		1	0,0	33,3
TOTAL			3	3	100	100

Fuente: Esta investigación.

Tabla 7. Color capa original de base (B), Consociación Santiago.

CLASE	COLOR	NÚMERO DE MUESTRAS		PORCENTAJE (%)		
		SUELO HÚMEDO	SUELO SECO	SUELO HÚMEDO	SUELO SECO	
1	10YR 4/2	Pardo gris oscuro	1		33,3	0,0
2	10YR 3/4	Pardo amarillo oscuro	1		33,3	0,0
3	10YR 4/3	Pardo oscuro	1		33,3	0,0
4	10YR 5/3	Pardo		2	0,0	66,7
5	10YR 6/3	Pardo pálido		1	0,0	33,3
TOTAL			3	3	100	100

Fuente: Esta investigación.

Tabla 8. Color capa sedimentada (A), Asociación Chilcayáco.

CLASE	COLOR	NÚMERO DE MUESTRAS		PORCENTAJE (%)		
		SUELO HÚMEDO	SUELO SECO	SUELO HÚMEDO	SUELO SECO	
1	2,5Y 4/4	Pardo oliva	4		17,4	0,0
2	10YR 4/2	Pardo gris oscuro	1		4,3	0,0
3	10YR 3/3	Pardo oscuro	2		8,7	0,0
4	2,5Y 5/6	Pardo oliva claro	3	1	13,0	4,3
5	10YR 3/2	Pardo gris muy oscuro	1		4,3	0,0
6	2,5YR 3/2	Rojo oscuro	1		4,3	0,0
7	10YR 4/4	Pardo amarillo oscuro	2		8,7	0,0
8	5YR 3/3	Pardo rojizo oscuro	1		4,3	0,0
9	2,5Y 3/2	Pardo gris muy oscuro	1		4,3	0,0
10	10YR 3/4	Pardo oscuro	4		17,4	0,0
11	10YR 5/8	Pardo amarillo	2		8,7	0,0
12	10YR 4/3	Pardo oscuro	1	1	4,3	4,3
13	2,5Y 5/4	Pardo oliva claro		3	0,0	13,0
14	10YR 6/2	Gris pardo claro		1	0,0	4,3
15	10YR 5/3	Pardo		4	0,0	17,4
16	2,5Y 6/4	Pardo amarillo claro		1	0,0	4,3
17	2,5Y 7/4	Amarillo pálido		4	0,0	17,4
18	10YR 6/4	Pardo amarillo claro		2	0,0	8,7
19	10YR 6/3	Pardo pálido		3	0,0	13,0
20	10YR 7/3	Pardo muy pálido		1	0,0	4,3
21	10YR 7/4	Pardo muy pálido		1	0,0	4,3
22	10YR 5/6	Pardo amarillo		1	0,0	4,3
TOTAL			23	23	100	100

Fuente: Esta investigación.

Tabla 9. Color capa original de base (B), Asociación Chilcayáco.

CLASE		COLOR	NÚMERO DE MUESTRAS		PORCENTAJE (%)	
			SUELO HÚMEDO	SUELO SECO	SUELO HÚMEDO	SUELO SECO
1	10YR 3/3	Pardo oscuro	3		13,0	0,0
2	10YR 4/2	Pardo gris oscuro	1		4,3	0,0
3	2,5YR 3/2	Rojo oscuro	1		4,3	0,0
4	10YR 3/2	Pardo gris muy oscuro	1		4,3	0,0
5	10YR 3/4	Pardo amarillo oscuro	1	1	4,3	4,3
6	10YR 4/3	Pardo oscuro	3		13,0	0,0
7	5YR 3/4	Pardo rojizo oscuro	1		4,3	0,0
8	7,5YR 3/2	Pardo oscuro	2		8,7	0,0
9	2,5Y 5/6	Pardo oliva claro	3		13,0	0,0
10	5YR 4/2	Gris rojizo oscuro	2		8,7	0,0
11	2,5Y 4/4	Pardo oliva	2		8,7	0,0
12	2,5Y 3/2	Pardo gris muy oscuro	1		4,3	0,0
13	10YR 5/6	Pardo amarillo	1		4,3	0,0
14	10YR 4/4	Pardo amarillo oscuro	1		4,3	0,0
15	10YR 5/2	Pardo gris		2	0,0	8,7
16	10YR 6/3	Pardo pálido		6	0,0	26,1
17	2,5Y 7/4	Amarillo pálido		4	0,0	17,4
18	10YR 6/2	Gris pardo claro		2	0,0	8,7
19	10YR 5/3	Pardo		2	0,0	8,7
20	2,5Y 6/2	Pardo gris claro		1	0,0	4,3
21	10YR 6/4	Pardo amarillo claro		3	0,0	13,0
22	10YR 7/3	Pardo muy pálido		1	0,0	4,3
23	10YR 7/6	Amarillo		1		4,3
TOTAL			23	23	100	100

Fuente: Esta investigación.

Tabla 10. Color capa sedimentada (A), Consociación San Jorge.

CLASE	COLOR	NÚMERO DE MUESTRAS		PORCENTAJE (%)		
		SUELO HÚMEDO	SUELO SECO	SUELO HÚMEDO	SUELO SECO	
1	2,5Y 4/4	Pardo oliva	3		14,3	0,0
2	2,5Y 4/2	Pardo gris oscuro	1		4,8	0,0
3	2,5Y 5/6	Pardo oliva claro	1		4,8	0,0
4	10YR 4/4	Pardo amarillo oscuro	4		19,0	0,0
5	2,5Y 6/8	Amarillo oliva	1		4,8	0,0
6	10YR 3/3	Pardo oscuro	3		14,3	0,0
7	2,5Y 3/2	Pardo gris muy oscuro	1		4,8	0,0
8	5Y 3/3	Pardo rojizo oscuro	1		4,8	0,0
9	10YR 3/4	Pardo amarillo oscuro	3		14,3	0,0
10	10YR 4/3	Pardo oscuro	1		4,8	0,0
11	10YR 5/4	Pardo amarillo	2		9,5	0,0
12	2,5Y 7/4	Amarillo pálido		4	0,0	19,0
13	10YR 6/2	Gris pardo claro		1	0,0	4,8
14	10YR 5/3	Pardo		2	0,0	9,5
15	2,5Y 7/6	Amarillo		2	0,0	9,5
16	10YR 7/3	Pardo muy pálido		3	0,0	14,3
17	5Y 6/2	Gris oliva claro		1	0,0	4,8
18	10YR 8/4	Pardo muy pálido		1	0,0	4,8
19	10YR 6/3	Pardo pálido		2	0,0	9,5
20	2,5Y 6/2	Pardo gris claro		1	0,0	4,8
21	5Y 6/3	Oliva pálido		1	0,0	4,8
22	10YR 7/4	Pardo muy pálido		2	0,0	9,5
23	10YR 8/3	Pardo muy pálido		1	0,0	4,8
TOTAL			21	21	100	100

Fuente: Esta investigación.

Tabla 11. Color capa original de base (B), Consociación San Jorge.

CLASE	COLOR	NÚMERO DE MUESTRAS		PORCENTAJE (%)		
		SUELO HÚMEDO	SUELO SECO	SUELO HÚMEDO	SUELO SECO	
1	10YR 4/3	Pardo oscuro	2		9,5	0,0
2	10YR 5/6	Pardo amarillo	5		23,8	0,0
3	2,5Y 5/6	Pardo oliva claro	3		14,3	0,0
4	2,5Y 4/4	Pardo oliva	2		9,5	0,0
5	10YR 3/4	Pardo amarillo oscuro	2		9,5	0,0
6	2,5Y 4/6	Pardo oliva	1		4,8	0,0
7	10YR 5/4	Pardo amarillo	1		4,8	0,0
8	10YR 3/3	Pardo oscuro	1		4,8	0,0
9	10YR 4/4	Pardo amarillo oscuro	1		4,8	0,0
10	2,5Y 3/2	Pardo gris muy oscuro	1		4,8	0,0
11	5Y 3/2	Gris oliva oscuro	1		4,8	0,0
12	2,5Y 4/2	Pardo gris oscuro	1		4,8	0,0
13	10YR 6/3	Pardo pálido		4	0,0	19,0
14	2,5Y 7/4	Amarillo pálido		7	0,0	33,3
15	2,5Y 7/8	Amarillo		1	0,0	4,8
16	5Y 6/3	Oliva pálido		2	0,0	9,5
17	2,5Y 7/6	Amarillo pálido		1	0,0	4,8
18	10YR 7/3	Pardo muy pálido		2	0,0	9,5
19	10YR 7/6	Amarillo		1	0,0	4,8
20	2,5Y 6/2	Pardo gris claro		1	0,0	4,8
21	10YR 8/4	Pardo muy pálido		2	0,0	9,5
TOTAL			21	21	100	100

Fuente: Esta investigación.

Tabla 12. Color capa sedimentada (A), Asociación Balsayáco.

CLASE	COLOR	NÚMERO DE MUESTRAS		PORCENTAJE (%)		
		SUELO HÚMEDO	SUELO SECO	SUELO HÚMEDO	SUELO SECO	
1	10YR 4/3	Pardo oscuro	2		15,4	0,0
2	2,5Y 3/2	Pardo gris muy oscuro	2		15,4	0,0
3	10YR 5/6	Pardo amarillo	1		7,7	0,0
4	7,5YR 6/4	Pardo claro	1		7,7	0,0
5	10YR 5/8	Pardo amarillo	1		7,7	0,0
6	10YR 5/4	Pardo amarillo	1	1	7,7	7,7
7	10YR 4/4	Pardo amarillo oscuro	2		15,4	0,0
8	10YR 3/3	Pardo oscuro	1		7,7	0,0
9	5YR 3/3	Pardo rojizo oscuro	1		7,7	0,0
10	10YR 3/2	Pardo gris muy oscuro	1		7,7	0,0
11	10YR 7/3	Pardo muy pálido		2	0,0	15,4
12	10YR 6/2	Gris pardo claro		2	0,0	15,4
13	10YR 6/3	Pardo pálido		2	0,0	15,4
14	5YR 7/2	Gris rosáceo		1	0,0	7,7
15	10YR 7/6	Amarillo		1	0,0	7,7
16	10YR 7/2	Gris claro		2	0,0	15,4
17	2,5Y 7/4	Amarillo pálido		1	0,0	7,7
18	10YR 7/4	Pardo muy pálido		1	0,0	7,7
TOTAL			13	13	100	100

Fuente: Esta investigación.

Tabla 13. Color capa original de base (B), Asociación Balsayáco.

CLASE	COLOR	NÚMERO DE MUESTRAS		PORCENTAJE (%)		
		SUELO HÚMEDO	SUELO SECO	SUELO HÚMEDO	SUELO SECO	
1	2,5Y 4/2	Pardo gris oscuro	1		7,7	0,0
2	10YR 3/3	Pardo oscuro	3		23,1	0,0
3	10YR 4/4	Pardo amarillo oscuro	1		7,7	0,0
4	10YR 4/3	Pardo oscuro	4		30,8	0,0
5	10YR 3/2	Pardo gris muy oscuro	1		7,7	0,0
6	2,5Y 3/2	Pardo gris muy oscuro	1		7,7	0,0
7	10YR 5/4	Pardo amarillo	1		7,7	0,0
8	5Y 4/3	Oliva	1		7,7	0,0
9	2,5Y 7/4	Amarillo pálido		1	0,0	7,7
10	10YR 6/2	Gris pardo claro		2	0,0	15,4
11	10YR 7/4	Pardo muy pálido		4	0,0	30,8
12	10YR 6/3	Pardo pálido		2	0,0	15,4
13	10YR 8/4	Pardo muy pálido		1	0,0	7,7
14	10YR 7/3	Pardo muy pálido		2	0,0	15,4
15	5Y 7/2	Gris claro		1	0,0	7,7
TOTAL			13	13	100	100

Fuente: Esta investigación.

Las tonalidades en húmedo para las unidades evaluadas, indicaron que los colores predominantes para la capa de sedimentos (A), presentaron coloraciones más claras como pardo oliva (2,5Y 4/4), pardo oliva claro (2,5Y 5/6) y pardo amarillo (10YR 5/4) a diferencia de lo encontrado en la capa base del suelo (B), la cual determino que las tonalidades iniciaban a cambiar hacia colores pardo rojizo oscuro (5YR 3/4) y pardo gris muy oscuro (10YR 3/2), puesto que al estar enterrados se iniciaba una oxidación del hierro y anaerobismo, además la coloración se torna con tonalidades más oscuras debido a que inicialmente existía contenidos de materia orgánica mayores que los que contienen las arena que se sedimentan después de un arrastre, el hecho de que estas capas quedaron enterradas genera alteraciones en los procesos de oxidación como lo afirma Montenegro y Malagón 1990, donde el color puede relacionarse con aspectos como:

- Los colores oscuros, en suelo con bajo contenido de materia orgánica, pueden indicar la presencia de complejos de materia orgánica con óxidos de hierro de carbón, de óxidos de manganeso y/o de magnetita, que a lo largo del recorrido

de la microcuenca la Hidráulica se presentan en la Asociación Balsayaco donde se encuentran suelos de origen histosoles caracterizados por ser orgánicos

- Los colores rojos indican buen drenaje y buena aireación, así como intensas meteorización y evolución, la mayoría de las veces.
- Los colores grises a blancos pueden mostrar contenidos importantes de cuarzo, caolinita u otras arcillas silicatadas, carbonatos de Ca y/o Mg, yeso, sales y/u óxido ferroso y pueden indicar condiciones de mal drenaje; también pueden indicar muy bajos contenidos de coloides en el suelo (materia orgánica, arcillas y/o sesquióxidos de Fe y Al), característicos de horizontes sometidos a procesos intensos de eluviación, lo que ocurre en los suelos evaluados donde en la capa (B), antes de los procesos de sedimentación, existe un alto nivel freático que oxida los compuestos de hierro tornándolos hacia colores grisáceos con altos contenidos de óxidos férricos.

Para la evaluación en seco la tendencia anterior continua igual, para todas las unidades muestreadas, determinando que la acumulación de sedimentos genera un proceso de cambio en la colorimetría de los suelos debido a que los materiales sedimentados por lo general son arenas con colores pardos oliva (2,5Y 4/4), pardo muy pálido (10YR 7/4), que se manifiesta en los diferentes colores obtenidos.

Por lo anterior y ante un dominio de pigmentaciones pardas, color característico, que según Valenzuela y Torrente (2010), se denota la presencia de óxidos de hierro en adición a la materia orgánica, que está asociado a estados iniciales a intermedios de alteración del suelo, se puede apreciar que por los procesos de acumulación de sedimentos, el suelo presenta variaciones de color con tonalidades pardas claras que manifiestan una menor fertilidad porque en un alto porcentaje, los sedimentos están conformados por arenas en la capa A, a diferencia de la capa base B, las tonalidades son más oscuras representando la existencia de una mayor fertilidad como lo explica Burbano (1989), quien afirma que el típico color oscuro de muchos suelos se debe a los contenidos de materia orgánica, influenciada su intensidad por el contenido de humedad, situación que según Gliessman (2002) los colores oscuros son una indicación de altos contenidos de materia orgánica y buena fertilidad.

En la evaluación de los colores se pudo determinar que los procesos de sedimentación generaron alteraciones en la colorimetría normal que presentaban los suelos en estado inicial.

6.1.2 Distribución de tamaño de partículas (Textura al tacto). Esta propiedad se determinó in situ por el método organoléptico que es un método sencillo de gran utilidad en el campo, que se fundamenta en la sensación que se percibe al

friccionar entre los dedos índice y pulgar una pequeña porción del suelo que posee cierto contenido de humedad.

La presencia de arena denota el grosor de la partícula que al friccionarse entre los dedos da una sensación de aspereza. El limo da una sensación de suavidad, similar a la mantequilla cuando se analiza en húmedo, mientras en seco da la sensación de pequeños terrones que se rompen fácilmente al friccionarlos. La arcilla en húmedo produce una sensación de plasticidad y pegajosidad, cuya intensidad varía dependiendo del tipo de arcilla. Valenzuela et al 2013.

Las texturas que se obtuvieron en campo se analizaron por cada una de las unidades de suelo como se muestra en las Tablas 14 y 15.

Tabla 14. Textura al tacto (Porcentaje) capa sedimentada (A)

TEXTURA AL TACTO CAPA SEDIMENTADA (A)								
TEXTURA	Consociación Santiago		Asociación Chilcayáco		Consociación San Jorge		Asociación Balsayáco	
	No. muestras	(%)	No. muestras	(%)	No. muestras	(%)	No. muestras	(%)
Arcillo limosa	1	33,33			6	28,57	2	15,38
Arenosa			9	39,13	6	28,57	1	7,69
Areno-arcillo limosa			3	13,04				
Limo arcillosa			3	13,04				
Areno arcillosa			1	4,36				
Areno limosa	2	66,67	7	30,43	8	38,10		
Arcillo-limo arenosa					1	4,76		
Limo arenosa							1	7,69
Arcillosa							7	53,86
Arcillo arenosa							2	15,38
TOTAL	3	100	23	100	21	100	13	100

Fuente: Esta investigación.

Tabla 15. Textura al tacto (Porcentaje) capa original de base (B)

TEXTURA AL TACTO CAPA ORIGINAL DE BASE (B)								
TEXTURA	Consociación Santiago		Asociación Chilcayáco		Consociación San Jorge		Asociación Balsayáco	
	No. muestras	(%)	No. Muestras	(%)	No. muestras	(%)	No. muestras	(%)
Arcillo arenosa	1	33,33	1	4,35				
Areno limosa	2	66,67	3	13,04	2	9,52	1	7,69
Limo-arcillo arenosa			5	21,73	1	4,76		
Arcillo limosa			6	26,08	5	23,82	1	7,69
Areno-limo arcillosa			2	8,70				
Areno-arcillo limosa			1	4,35				
Limo arenosa			2	8,70	1	4,76	1	7,69
Limo arcillosa			1	4,35	1	4,76		
Arcillo-limo arenosa			2	8,70	1	4,76		
Arcillosa					2	9,52	9	69,24
Arenosa					2	9,52	1	7,69
Limo-areno arcillosa					4	19,06		
Areno arcillosa					2	9,52		
TOTAL	3	100	23	100	21	100	13	100

Fuente: Esta investigación.

Consociación Santiago. Las texturas más representativas para la capa sedimentada A fue la Arenosa limosa (66,67%) que según Unigarro *et al.*, 2005, presenta muy poca adhesividad, buena infiltración, pobre retención de humedad y muy buena aireación y para la capa original de base B, Arenosa limosa (66,67%) muy poca adhesividad, buena infiltración, retención de humedad y aireación, y Arcillo arenosa (33,33%), que presentan condiciones de adhesividad media, pobre infiltración, media retención de humedad y pobre aireación.

Los suelos de esta consociación según el POMCA 2010, presentan texturas que van de franco arenosas a franco arcillosas y colores oscuros en superficie grises a

muy oscuros sobre pardo oscuro, amarillento oscuro a amarillo parduzco en profundidad; en un 20% de estos están limitados por la presencia de una banda de hierro y materia orgánica.

Según el estudio, los suelos evaluados mantienen los grados texturales de los estudios anteriores, cabe aclarar que en esta zona de muestreo no se encontraba una capa de sedimento muy notoria debido a que la avalancha de 9 de Julio no afectó la zona.

Asociación Chilcayáco. La textura obtenida en esta asociación en la capa A, los mayores porcentajes fueron para las texturas arenosa (39,13%), seguida por arena limosa (30,43%), y para la capa B, arcillo limosa (26,08%) y Limo-arcillo arenosa (21,73%). En esta zona se presentó problemas de acumulación de sedimentos que cambiaron la textura original de suelos con texturas más gruesas que según Viveros (1988), en la capa A al ser en un alto porcentaje arenosa presenta las siguientes condiciones: labranza pobre, infiltración buena, pobre retención de humedad, baja resistencia a la erodabilidad, fertilidad pobre, y buena permeabilidad, para arena limosa, labranza regular, buena infiltración, retención de humedad pobre, baja resistencia a la erodabilidad, pobre fertilidad y buena permeabilidad.

La capa B, al ser arcillo limosa presentaba buenas condiciones para la labranza, pobre infiltración, buena retención de humedad, resistencia a la erodabilidad alta, buena fertilidad y pobre permeabilidad, y limo-arcillo arenosa regulares condiciones de labranza, pobre infiltración, buena retención de humedad, alta resistencia a la erodabilidad, buena fertilidad y regular permeabilidad.

Los resultados anteriores permiten afirmar que los procesos de acumulación de sedimentos en los suelos de esta asociación fueron alterados físicamente generando una pérdida de la calidad de los mismos a nivel de fertilidad, movimiento de agua, retención de humedad, entre otros, esto es corroborado con lo que afirma Montenegro (2003), donde la presencia de fracciones gruesas se traduce en el suelo en facilidad de infiltración, peligro de lavado de elementos nutritivos, aireación media a alta, intercambio gaseoso rápido y retención de humedad baja; consideraciones válidas sólo cuando el suelo presenta contenidos bajos de materia orgánica, como es el caso de las arenas sedimentadas en la capa A.

Consociación San Jorge. La capa A de esta unidad presenta mayor porcentaje en las texturas arena limosa (38,10%), arcillo limosa (28,57%), arenosa (28,57%), y para la capa B, arcillo limosa (23,82%), limo-arena arcillosa (19,06%)

En el recorrido de campo, esta consociación también presentó problemas de acumulación de sedimentos los cuales permiten ratificar lo planteado anteriormente, a pesar de que en el POMCA 2010, estos suelos presentan

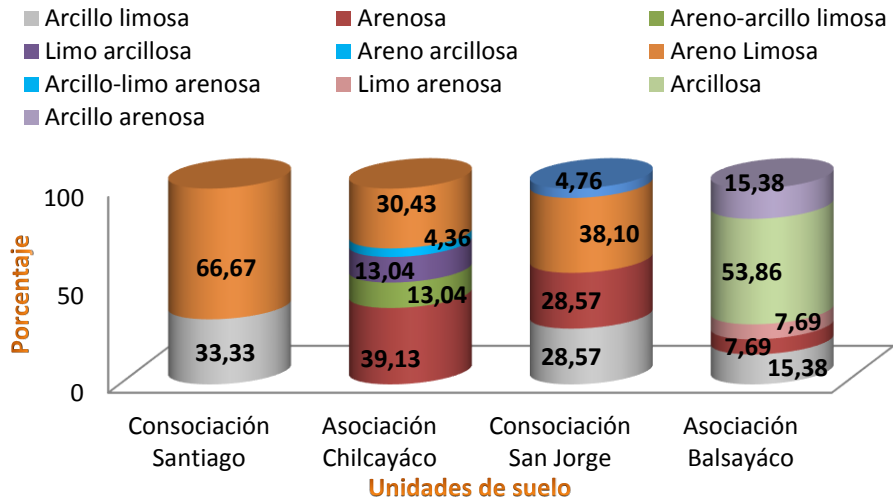
texturas francas con características de buena labranza, buena infiltración, retención de humedad regular, baja resistencia a la erodabilidad, regular fertilidad y buena permeabilidad (Viveros 1988), las cuales se han ido perdiendo por acumulación frecuente de fracciones más gruesas que generan cambios a nivel de física, química y biología de suelos. Esto lleva a determinar que existe un cambio en las propiedades que finalmente se refleja en la pérdida de la calidad de los suelos y la baja productividad de los mismos afectando ambientalmente el recurso y económicamente a los dueños de los predios.

Asociación Balsayáco. Los suelos que conforman esta unidad de mapeo ocupan superficies amplias, de relieve plano - cóncavo, con drenaje natural pantanoso a muy pobremente drenado. En general, estos suelos se han desarrollado a partir de acumulaciones de materiales orgánicos sin descomponerse o en estado medio de descomposición, en un medio lacustre anaeróbico, continuamente saturado de agua. Las tierras actualmente se encuentran cubiertas de vegetación de pantano, especialmente totora (*Schoenoplectus californicus*), cortadera (*cortadeira sp.*), totorilla Juncos (*effusus*), zarza y agudas variedades de juncos. Se encuentran también sectores en ganadería propósito lechero y cultivos de frijol, lulo, tomate, maíz. Algunas áreas tienen un uso limitado por el alto nivel freático durante los meses de mayo, junio y julio. La asociación está conformada por suelos histosoles en su 100% Los suelos presentan en común, altos porcentajes de carbono orgánico, alta capacidad de intercambio catiónico. pH fuerte a muy fuertemente ácido y profundidad efectiva superficial.

En esta asociación en el recorrido de campo no se evidenciaron acumulaciones de sedimentos de la última ola invernal pero se realizó la determinación de la textura al tacto en la capa inicial y hasta donde se encontraba una diferencia marcada de color con los siguientes resultados: predominaron las texturas arcillosas (53,86%), arcillo limosa y arcillo arenosa (15,38%) en la capa A, y arcillosa (69,24%) en la capa B, por ser suelos histosoles presentan unas condiciones de formación totalmente diferentes a los suelos minerales, es por ello que las texturas encontradas por lo general fueron arcillosas, donde la acumulación de sedimentos a lo largo del recorrido en la unidad, no fue muy notoria (Gráficas 1 y 2).

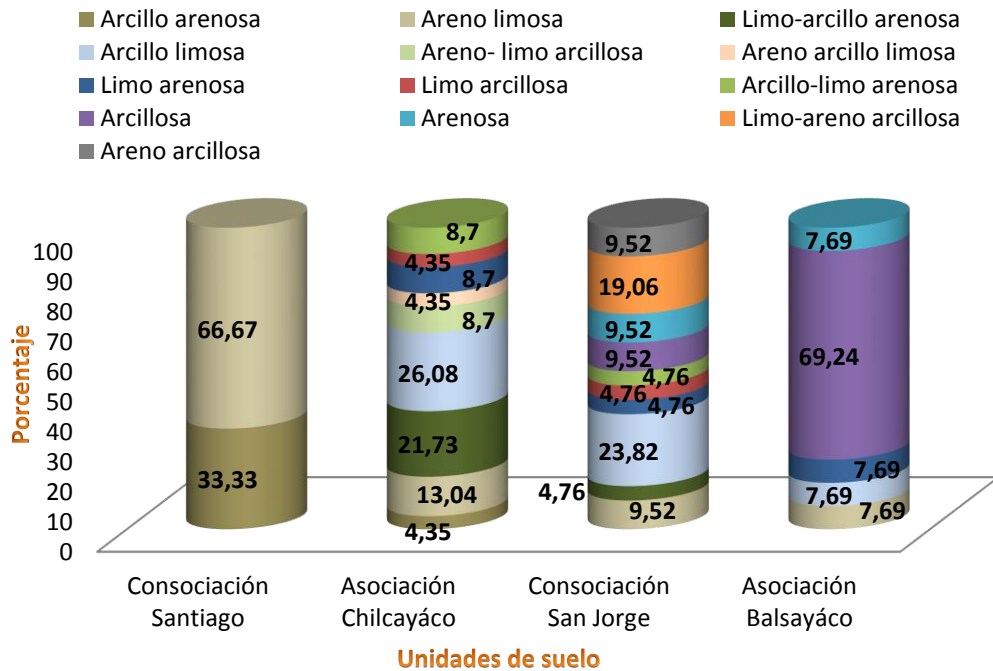
Gráfica 1. Textura al tacto capa sedimentada A.

Textura al tacto (Porcentaje) capa sedimentada (A)



Gráfica 2. Textura al tacto capa original de base B.

Textura al tacto (Porcentaje) capa original de base (B)



6.1.3 Densidad aparente (Da). Los valores de densidad aparente encontrados en los suelos muestreados oscilan entre:

Consociación Santiago. En la capa de sedimentos fluctuaron valores entre 0,6 g/cc - 0,9 g/cc, la media fue 0,8 g/cc, para la capa original de base fue de 0,9 g/cc – 1,4 g/cc con promedio de 1,2 g/cc lo que obedece a que la densidad del suelo que se calcula teniendo en cuenta el espacio ocupado por los poros al cuantificar el volumen de la muestra, razón por la cual, esta depende de la organización que presente la fracción sólida del mismo y está afectada por la textura, su estructura, su contenido de materia orgánica, su humedad, y su grado de compactación principalmente (Jaramillo 2001). Esto denota que los resultados de esta investigación fueron más altos en la capa B, debido a que existe un proceso de compactación por la capa sedimentaria que presiona sobre ella y está determinada por la textura.

Según el IGAC (1990), en los suelos en estudio las bajas densidades obedecen a que están relacionados con la influencia de cenizas volcánicas y materiales orgánicos, lo anterior corroborado por Viveros (1988), quien manifiesta que la densidad aparente está afectada por el contenido orgánico, a pesar que los coloides inorgánicos pueden influir, especialmente en zonas bajo efecto de cenizas volcánicas donde los materiales alofánicos afectan el grado de desarrollo estructural alcanzado, los suelos de esta consociación son del orden inceptisol en un 100%, los cuales presentan un horizonte A con contenidos moderados o altos de materia orgánica y generalmente la formación de un horizonte cambico producido por la alta alteración de los minerales y liberación fuerte de óxidos de hierro. Formados a partir de cenizas volcánicas con horizontes bien definidos, al respecto Díaz, *et, al* 2009, afirma que las variaciones de Da no siempre resultan detectables en lapsos de tiempo diferente y puede cambiar por el manejo dado al suelo y si este fuera enmendado periódicamente por compuestos orgánicos.

Asociación Chilcayáco. Las fluctuaciones de esta propiedad en la capa A variaron entre 0,5 g/cc – 1,4 g/cc, la media fue 1,1 g/cc, para la capa original de base fue de 0,7 g/cc – 1,4 g/cc con promedio de 1,0 g/cc, no se encuentran valores diferentes significativos debido a que estos suelos están formados en un 85% por suelos inceptisoles, los cuales en su mayoría son muy superficiales; se originan a partir de materiales coluvio aluviales; limitados por la presencia de un nivel freático fluctuante; de drenaje moderado a pobre. Un 40% de estos se originan a partir de cenizas volcánicas, como lo manifiesta Jaramillo 2001, los coloides inorgánicos pueden influir, especialmente en zonas bajo efecto de cenizas volcánicas, donde los materiales alofánicos afectan el grado de desarrollo estructural alcanzado. El otro 15% corresponde a suelos entisoles de poca extensión, muy superficiales, limitados por encharcamiento y drenaje natural pobre.

Las densidades aparentes están correlacionadas con los procesos de manejo que ocurren en el suelo, todos los procesos que modifican la estructura del suelo influyen en el cambio de la densidad aparente. Dichos efectos finalmente se manifiestan en la porosidad del suelo

Consociación San Jorge. Los valores para esta propiedad en la capa A variaron entre 0,6 g/cc – 1,4 g/cc, la media fue 1,0 g/cc, para la capa original de base fue de 0,6 g/cc – 1,4 g/cc con promedio de 0,9 g/cc. No se encontraron diferencias en esta propiedad en las dos capas debido a que la consociación se ubica en la parte circundante de la llanura lacustre, en superficies amplias, de relieve plano cóncavo y pendientes menores al 1%. Los suelos están desarrollados a partir de sedimentos fluvio lacustres, con drenaje natural pobre, está conformada por un 90% de suelos entisoles y un 10% de suelos histosoles, se caracterizan por ser muy superficiales y pobremente drenados.

Debido a las altas precipitaciones que se presentan en el Valle de Sibundoy, se genera un proceso de acumulación frecuente de sedimentos, los cuales por acción de lavado, se ubican hacia la parte plana, motivo por el cual las densidades obtenidas en las dos capas evaluadas no tienen diferencias notorias en esta propiedad.

Existen valores menores que 1,0 g/cc, debido a que en esta unidad de suelo, se presentan suelos histosoles que se caracterizan por su alto contenido orgánico que disminuye el valor de esta propiedad, aunque él depende del grado de descomposición de los materiales fibrosos (Jaramillo 2001)

Asociación Balsayáco. Los valores para esta propiedad en la capa A variaron entre 0,6 g/cc – 1,2 g/cc, la media fue 0,8 g/cc, para la capa original de base fue de 0,6 g/cc – 1,2 g/cc con promedio de 0,8 g/cc, estas cifras, están relacionadas con los contenidos de MO en el suelo, que permite que exista mayor retención de agua y por ende la raíz puede profundizar mejor y además captar más nutrientes del suelo, los cuales serán finalmente aprovechados por la planta, esta característica no se presenta en los suelos estudiados debido a que esta unidad de mapeo ocupa superficies amplias, de relieve plano cóncavo, con drenaje natural pantanoso a muy pobremente drenado. En general, estos suelos se han desarrollado a partir de acumulaciones de materiales orgánicos sin descomponerse o en estado medio de descomposición, en un medio lacustre anaeróbico, continuamente saturado de agua.

Las figuras 16 y 17 muestran el procedimiento llevado a cabo en laboratorio para determinar esta propiedad.

Figura 16. Peso del anillo.



Figura 17. Muestras al horno 105 °C.

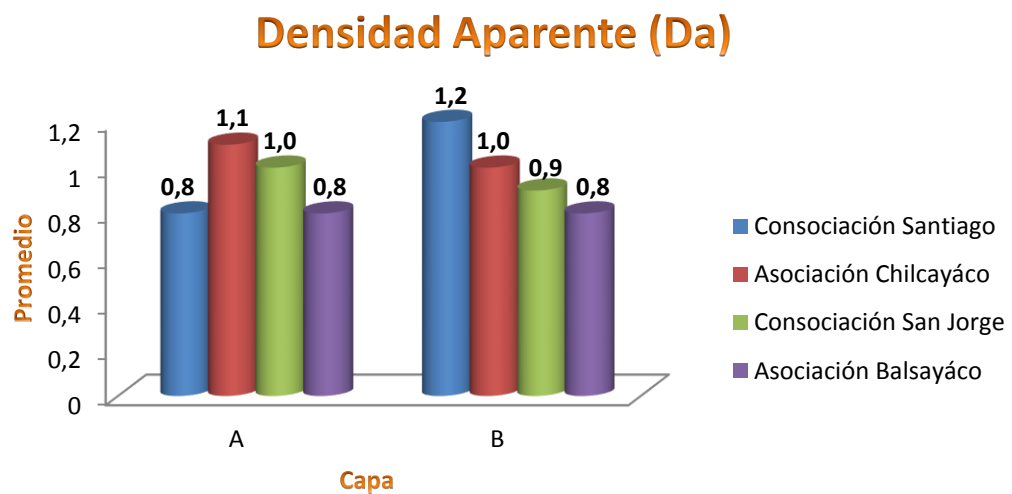


Fuente: Esta investigación.

Al respecto, Thompson (1988) manifiesta que la materia orgánica hace disminuir la D_a , ya que por equivalencia de volumen es mucho más ligera que la materia mineral e incrementa la estabilidad de los agregados del suelo, siendo este segundo efecto el más importante en la mayoría de los suelos.

A lo largo del recorrido se evidencio que no se presentó acumulación de sedimentos debido a que el cauce de la microcuenca se encuentra bordeado por material extraído anteriormente, formando una barrera que evita que el agua se desborde y genere inundaciones. Las diferencias y promedios entre las unidades de suelo evaluadas para la variable densidad aparente se muestran en el Anexo D y la Gráfica 3.

Gráfica 3. Densidad Aparente (D_a)



Fuente: Esta investigación.

6.1.4 Densidad real (Dr). El análisis de promedios, mostró que no se presentaron diferencias de esta variable en las unidades de suelo evaluadas, cuya tendencia fue a mantenerse estable en las capas A y B, situación considerada normal ya que de acuerdo con lo expresado por Henríquez y Cabacelta (1999), esta propiedad presenta una baja variabilidad con relación a la densidad aparente, debido a que esta propiedad no es susceptible al cambio, en este sentido Coral *et al.*, 2003 citado por Burbano, *et al.*, 2005 afirma que la densidad real depende de la mineralogía de los suelos y del contenido de materia orgánica, Jaramillo (2004) y Burbano y Cadena (2009), coinciden que la Dr varía entre 2,6 y 2,75 g/cc en todos los suelos agrícolas y cuando existen valores por debajo de los mencionados, se deben a la presencia de altos contenidos de materia orgánica en el suelo.

El las figuras 18 y 19 se observa el procedimiento realizado para determinar esta propiedad en laboratorio.

Figuras 18 y 19. Determinación de densidad real.



Fuente: Esta investigación.

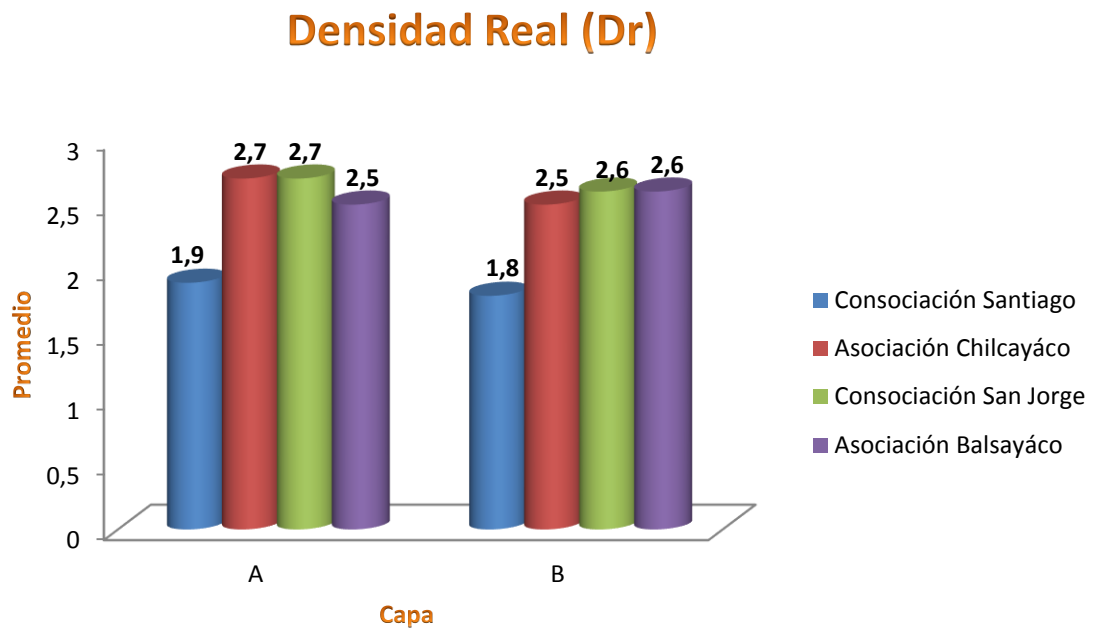
Para la Consociación Santiago en la capa de sedimentos se observaron valores entre 1,3 g/cc – 2,2 g/cc, la media fue 1,9 g/cc, para la capa original de base fue de 1,4 g/cc – 2,5 g/cc con promedio de 1,8 g/cc.

En la Asociación Chilcayáco se pudo evidenciar que los resultados para la densidad real no se diferenciaron cuyos valores oscilaron entre 2,2 – 3,3 g/cc, con un promedio de 2,7 g/cc para la capa A, para la capa original de base fue de 2,0 – 2,9 g/cc con promedio de 2,5 g/cc.

La Consociación San Jorge presento valores entre 2,0 – 3,3 g/cc, con un promedio de 2,7 g/cc en la capa A, para la capa original de base fue de 1,5 – 2,9 g/cc con promedio de 2,5 g/cc.

Así mismo en la Asociación Balsayáco, los resultados mostraron valores de 2,0 – 2,9 g/cc, con un promedio de 2,5 g/cc para la capa A, para la capa original de base fue de 2,2 – 2,9 g/cc con promedio de 2,6 g/cc. Los resultados promedio de la densidad real se pueden observar en la gráfica 4 para la capa A como para B.

Gráfica 4. Densidad Real (Dr)



Fuente: Esta investigación.

Como lo manifiesta Jaramillo (2002), la densidad real es el peso de las partículas sólidas del suelo, sin tener en cuenta su organización, es decir se deduce su dependencia de la composición mineral del suelo y del contenido de algunos sólidos especiales en él, como la materia orgánica y los óxidos de hierro.

Al respecto Viveros (1988) asegura que la densidad real, cuando no se presentan cantidades considerables de materia orgánica, fluctúa entre 2,5 – 2,6 g/cc alcanzando el mayor valor (2,5 g/cc) en suelos arcillosos o arenosos con muy poca materia orgánica.

La densidad real de un suelo puede definirse como la relación entre el peso de las partículas sólidas y secas a la estufa (105°C) y el volumen de agua desalojado por ellas. Puesto que en la determinación de la densidad real de un suelo se consideran únicamente las partículas sólidas, la densidad real de un suelo dado es un valor constante y no varía con la cantidad de espacio entre sus partículas.

De igual forma Cairo y Fundora (1994), establecen como valor promedio adecuado de densidad real para suelos minerales de 2,65 g/cc y establece que valores por debajo de este promedio puede indicar entre otras cosas, la presencia de altos contenidos de materia orgánica.

6.1.5 Porosidad total en porcentaje (%). El análisis correspondiente a porosidad total, indica que se presentaron diferencias en la Consociación Santiago con rangos que fueron de 30,5 a 72,0%, con un promedio general de 55,8% para la capa A y entre 16,3 a 45,1% para un promedio de 33,2% en la capa B, indicando procesos de compactación, Unigarro y Carreño 2005, afirman que los principales factores que intervienen en la porosidad del suelo están referidos a la textura y al contenido de materiales orgánicos. El tipo, clase y grado de desarrollo de las unidades estructurales modifica los factores mencionados, constituyéndose en los criterios fundamentales para el manejo del suelo al ser susceptibles de cambiarse mediante prácticas agrícolas de laboreo.

La porosidad juega un papel importante en el desarrollo de las plantas, ya que determina la relación aire-agua

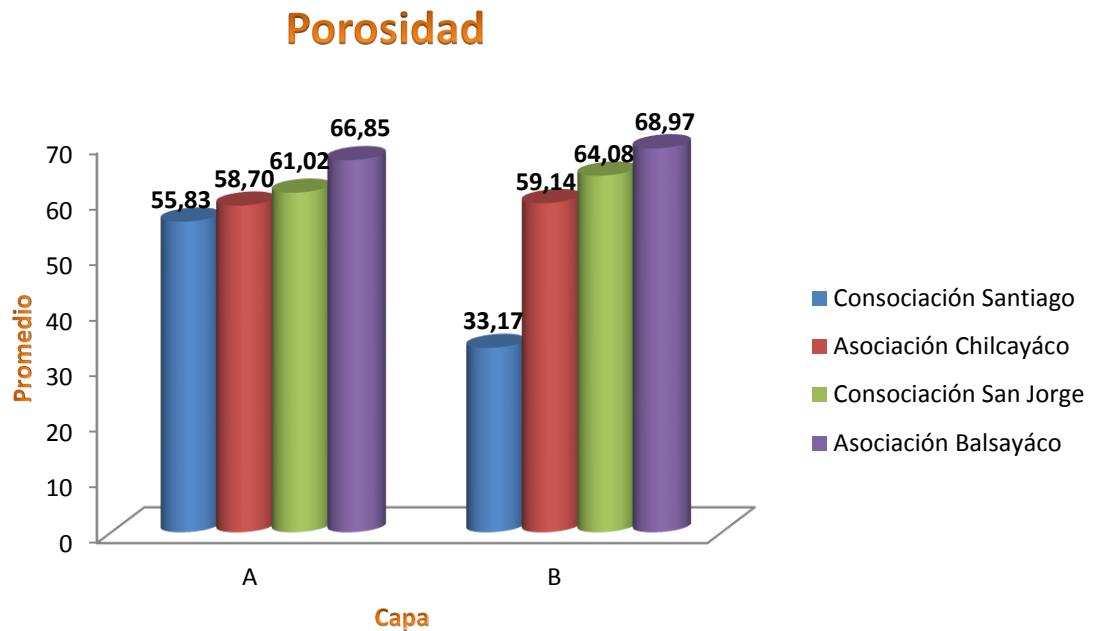
En la Asociación Chilcayáco las variaciones estuvieron entre 42,2 a 82,5% para un promedio de 58,7% en la capa A. para la capa B los rangos fueron desde 40,7 a 71,1% con una media de 59,1%.

Por otro lado, la Consociación San Jorge presentó valores que fueron desde 46,0 a 78,7% con un promedio de 61,0% en la capa superficial y desde 50,0 a 79,1% con una media de 64,1% en la capa B

La Asociación Balsayáco estuvo entre 53,1 a 73,0% con una media de 66,8% para la capa A, en la capa B, los valores fueron desde 54,2 a 77,0% con una media de 68,9%.

Los valores están relacionados con los contenidos de materia orgánica (Tapia y Rivera, 2010), Mila (2001); Soriano y Pons (2004), coinciden en que la porosidad se relaciona directamente con la retención y movimiento del agua en el perfil del suelo. Es una propiedad física esencial ya que la aireación y transporte de oxígeno al sistema radicular de las plantas garantizan la facilidad con que las raíces pueden anclar y sostenerse en el suelo y permitir así la rápida absorción de nutrientes de la solución del suelo. En la gráfica 5 se muestran los promedios obtenidos en la porosidad para la capa A como para B en las unidades de suelo evaluadas.

Gráfica 5. Porosidad.



Fuente: Esta investigación.

Respecto al efecto de la textura: debe hacerse hincapié que cuando en la textura domina la fracción arcilla, en la porosidad total del suelo hay muchos más microporos que cuando domina la fracción arena. En este caso existe una gran cantidad de macroporos en el espacio poroso. Lo anterior se comprende claramente, si se piensa que entre las microscópicas partículas de arcilla los espacios son pequeños; en cambio entre las partículas de arena los poros son mayores (Rucks *et al.*, 2004).

En la Tabla 16 se hace una relación entre el grado textural, densidad aparente y porosidad total del suelo descrito por Almorox (1999) citado por Saquero (2000), por cuanto son variables cuyo comportamiento guarda una estrecha relación.

Tabla 16. Comportamiento de la porosidad total y la densidad aparente en relación con la clase textural de los suelos.

PROPIEDADES		
Clase Textural	Porosidad (%)	Densidad Aparente (g/cc)
Arena	43,7	1,49
Arena franca	43,7	1,49
Franco arenosa	45,3	1,45
Franco	46,3	1,42
Franco limosa	50,1	1,32
Franco arcillo arenosa	39,8	1,60
Franco arcillosa	46,4	1,42
Franco arcillo limosa	47,1	1,40
Arcillo arenosa	43,0	1,51
Arcillo limosa	47,9	1,38
Arcilla	47,5	1,39

Fuente: Saquero (2000).

Al evaluar estas características en conjunto, se puede afirmar que en los suelos de la investigación no hay una semejanza entre las clases texturales encontradas, con la densidad aparente, se detectó una mayor porosidad total promedio en la asociación Balsayáco con 66,85% en la capa A y 68,97% en la capa B, cuyo comportamiento podría obedecer a que esta variable está dependiendo de los contenidos de materia orgánica quien motiva que haya alta porosidad total, así como también influye en la agregación del suelo al respecto Gonzales *et al.*, (2009), manifiesta que la porosidad puede estar relacionada con la textura, contenido de materia orgánica, densidad aparente, consistencia y estructura principalmente.

6.1.6 Humedad gravimétrica del suelo. Teniendo claro como lo afirma Unigarro., *et al* 2009 que la magnitud que caracteriza el contenido de agua en el suelo en un momento dado, se llama humedad del suelo. Tradicionalmente el contenido de humedad se expresa como la relación entre la masa de agua presente en una muestra y la masa de la muestra después de que se ha secado hasta peso constante, o como el volumen de agua presente en una unidad de volumen de muestra.

Al respecto Jaramillo (2001) afirma que la cantidad de agua que posee el suelo es una de sus características más específicas y está determinada, fundamentalmente, por su textura, su contenido de materia orgánica, la composición de sus fracciones mineral y orgánica y el arreglo que presente el

medio físico edáfico, por el aporte que se le haga natural (lluvia) o artificialmente (riego) de ella, así como por el consumo causado por la evapotranspiración.

El análisis realizado para esta variable permitió determinar los siguientes resultados:

En la Consociación Santiago los valores de humedad gravimétrica fueron de 62,6 a 82,2%, con un promedio general de 75,6% para la capa A y entre 29,2 a 79,7% para un promedio de 47,6% en la capa B. este comportamiento se debe a que las muestras tomadas en esta unidad de suelo en la capa A presentaban una textura Areno limosa la cual tiene la poca capacidad de retención de agua y presenta buena infiltración además de ser permeable. La diferencia radica en que el muestreo se realizó en épocas de altas precipitaciones donde la humedad fue más elevada en la capa superior del suelo.

En la Asociación Chilcayáco las variaciones estuvieron entre 14,0 a 96,9% para un promedio de 47,4% en la capa A. para la capa B los rangos fueron desde 18,4 a 88,1% con una media de 52,1%. Los datos indican que en la capa A la humedad fue menor debido a que la textura en un mayor porcentaje fue arenosa la cual permite mayor movimiento vertical del agua, dificultando se retención y el lavado frecuente de los nutrientes en el suelo, generando baja fertilidad y perdida del mismo. En la capa B, la humedad fue mayor debido a que la textura fue en un mayor porcentaje arcillo limosa, la cual tiene mayor capacidad de retención de agua. Un suelo arcilloso tendrá mayor cantidad total de poros que un suelo arenoso, aunque el tipo de poros en este último favorezca más el movimiento de agua más en el suelo que en el suelo arcilloso.

Las arcillas tienen un tamaño menor a 2 micras y son las partículas más pequeñas. Desde el punto de vista físico le dan al suelo las características de plasticidad y pegajosidad y tienen una influencia directa sobre el movimiento y almacenaje de agua; desde el punto de vista químico las arcillas están relacionadas con la fertilidad de los suelos. Mineralógicamente, el término arcilloso es genérico, ya que existen muchos tipos de arcillas las cuales se comportan en formas muy diferentes en el suelo y que varían en sus propiedades físicas y químicas notablemente.

La Consociación San Jorge presentó valores que fueron desde 12,7 a 91,8% con un promedio de 49,7% en la capa superficial con texturas predominantes areno limosas y desde 24,5 a 99,0% con una media de 60,2% en la capa B con texturas arcillo limosas. Al respecto Pinto, R (2000), manifiesta que la cantidad de agua retenida en un suelo dado depende principalmente del tamaño de las partículas del suelo; es decir de la textura del terreno; las partículas arcillosas tienen más superficie y crean más espacios capilares finos, por lo tanto este tipo de suelo conserva una cantidad mucho mayor de agua que un terreno arenoso.

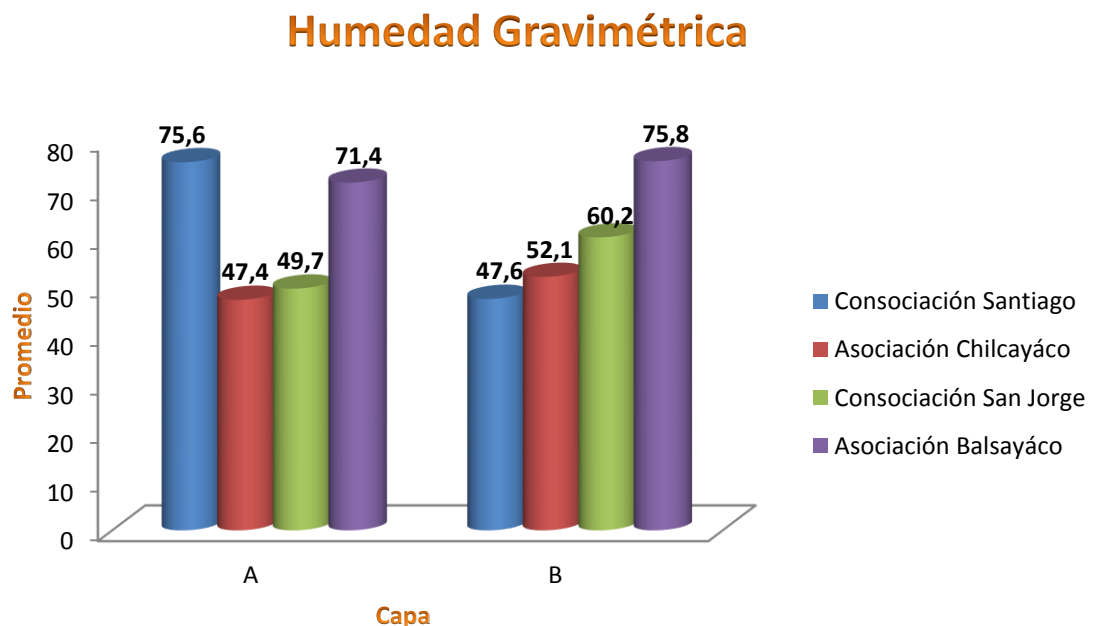
La Asociación Balsayáco estuvo entre 17,0 a 97,2% con una media de 71,4% para la capa A, en la capa B, los valores fueron desde 30,2 a 95,2% con una media de 75,8%. Se hace necesario referenciar que esta unidad de suelo presento la mayor humedad en las unidades de suelo evaluadas, además está conformada por suelos histosoles los cuales presentan alta saturación por largos periodos o son artificialmente drenados y excluyen las raíces vivas, cumplen con uno de los siguientes parámetros:

- Tienen 12% o más de carbono orgánico, si la fracción mineral no tiene arcilla.
- Tienen contenidos proporcionales de carbono orgánico entre 12 y 18%, si la fracción mineral tiene entre 0 y 60% de arcilla.

Actualmente esta unidad de suelo se compone de vegetación típica de humedal principalmente totora (*Schoenoplectus californicus*) y totorilla (*Juncos effusus*) pastos aprovechables para ganado.

La gráfica 6 muestran los resultados promedio por unidad de suelo y por capa evaluada.

Gráfica 6. Humedad Gravimétrica.



Fuente: Esta investigación.

6.1.7 Humedad Volumétrica del suelo. La humedad de un suelo también se puede expresar en base volumétrica donde se relaciona la densidad aparente del suelo con la humedad gravimétrica.

La humedad volumétrica se puede considerar también como la lámina de agua contenida en una unidad de profundidad de suelo; en esta forma es muy práctico considerar la humedad de acuerdo con la terminología de la lluvia. La humedad volumétrica expresa la humedad del suelo en términos independientes de la densidad aparente del suelo, y facilita así una base general para comparar el almacenaje de agua en varios suelos de diferentes densidades aparentes. Además, es importante para evaluar la retención de humedad en suelos orgánicos, en suelos aluviales y en suelos derivados de cenizas volcánicas.

En la gráfica 7 se muestra los resultados de esta variable en las dos profundidades de muestreo obteniéndose los siguientes resultados por cada una de las unidades de suelo evaluadas que atraviesan la microcuenca.

En la Consociación Santiago los valores oscilaron entre 50,9 a 64,0% con un promedio de 57,7% en la capa superficial y entre 40,1 a 70,5% con una media de 51,4% en la capa original de base, resultados que son mayores en A debido a que la densidad aparente es menor y presenta texturas arenosas que permiten mayor infiltración, pero que por procesos naturales como lo son las precipitaciones, los suelos permanecen con un alto porcentaje de agua en su capa superior.

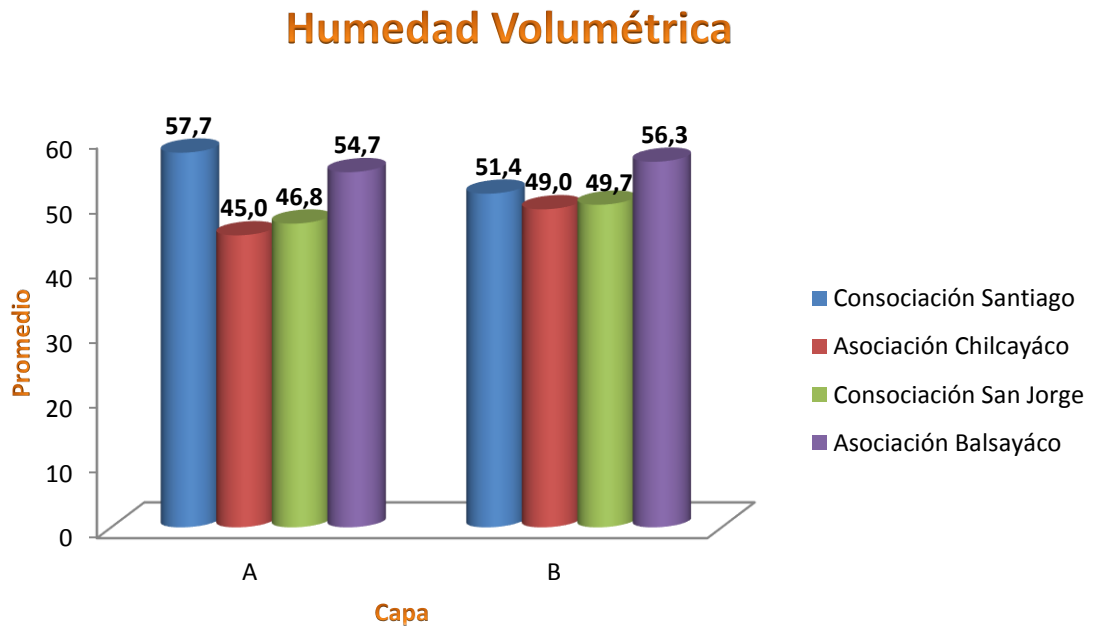
La Asociación Chilcayáco arrojo valores que fueron de 17,7 a 64,8% para un promedio de 45,0% en la primera capa y entre 20,8 a 66,0% con una media de 49,0 en la capa B.

En la Consociación Sn Jorge, los resultados estuvieron entre 18,3 a 60,7% con un promedio de 46,8% para la capa A y entre 31,2 a 65,2% con una media de 49,7% en la capa B.

Para la Asociación Balsayáco, los valores se mantuvieron entre 20,0 a 63,2% con un promedio de 54,7% para la capa A, para la capa original de base estuvieron entre 30,8 a 61,7% con una media de 56,3%.

En las tres unidades de suelo predomina una mayor humedad volumétrica en capa original de base debido a los procesos de infiltración naturales del suelo y que en estas capas predominaron texturas pesadas a diferencia de la capa A donde las texturas en un alto porcentaje fueron arenosas, con mayores valores en la Asociación Balsayáco por ser suelos lacustres. Estos valores obedecen como lo manifiesta Burbano *et al* (2005), la humedad volumétrica obedece a la interacción de factores del suelo como densidad aparente, porosidad, humedad gravimétrica y materia orgánica.

Gráfica 7. Humedad Volumétrica.



Fuente: Esta investigación.

6.2 PROPIEDADES QUÍMICAS

A continuación se presenta los resultados de la variable química pH y las relaciones que de esta propiedad se obtuvo en la capa sedimentada y en la de base.

6.2.1 pH. El análisis de promedios para esta propiedad mostró que no se presentaron diferencias entre las capas evaluadas en la Consociación Santiago (Anexo D.), en donde los resultados estuvieron en un rango de 5,58 a 5,75 para un promedio de 5,65 para las dos capas, predominando un pH moderadamente ácido según la escala adaptada para suelos (Castro & Gómez 2013). Estos suelos se caracterizan por presentar baja solubilidad del fósforo (P) y regular disponibilidad de calcio y magnesio (Ca, Mg), no se presentan dificultades en la toxicidad del aluminio (Al), el cual es un limitante para la disponibilidad de nutrientes en el suelo.

En la Asociación Chilcayáco, los valores oscilaron entre 5,32 (fuertemente ácido) a 5,93 (moderadamente ácido) con una media de 5,62 (moderadamente ácido) en la capa A y para la capa B entre 5,35 (fuertemente ácido) a 6,43 (ligeramente ácido) con un promedio de 5,69 (moderadamente ácido). Existe una diferencia entre las dos capas evaluadas presentando un valor menor de pH en la capa de

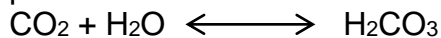
sedimentos, esto debido a que como lo afirma Lora (1994), los suelos ácidos en muchos casos han sido muy lixiviados, razón por la cual tienen un bajo porcentaje de saturación de bases. Es de esperarse que suelos ácidos altamente intemperizados contengan bajas cantidades de estos elementos.

Los resultados para la Consociación San Jorge fueron de 4,71 (muy fuertemente ácido) a 5,74 (moderadamente ácido) con una media de 5,09 (fuertemente ácido) en la capa superficial y de 4,68 (muy fuertemente ácido) a 5,52 (moderadamente ácido) con un promedio de 5,08 (fuertemente ácido) para la capa original de base.

Para la Asociación Balsayáco, los valores fluctuaron entre 4,77 (muy fuertemente ácido) a 5,30 (fuertemente ácido) para un promedio de 4,99 (muy fuertemente ácido) en la capa A, para la capa B se obtuvieron datos entre 4,85 (muy fuertemente ácido) a 5,47 (fuertemente ácido) con una media de 5,05 (fuertemente ácido). La diferencia entre las dos capas evaluadas es debido a que el material sedimentado está expuesto a frecuentes lavados generando mayor acidez en el suelo.

Estos valores de pH obtenidos en suelos orgánicos es debido como lo afirma Lora (2013), la acidez de los suelos proviene de diferentes fuentes las cuales pueden ceder protones. Entre las fuentes más importantes están la materia orgánica del suelo que contiene grupos carboxílicos y fenólicos que al disociarse liberan H⁺ a la solución del suelo. El efecto de la materia orgánica depende de la cantidad presente, y de las condiciones de agua y temperatura.

Por descomposición o mineralización básicamente por acción microbial, se produce CO₂ el cual al reaccionar con el agua pasa a ácido carbónico, así:



El ácido carbónico puede formar bicarbonato principalmente con las bases intercambiables del suelo, y estos compuestos son relativamente solubles y, por tanto, producen condiciones de acidez. Debe tenerse en cuenta que por la capacidad Buffer de la materia orgánica, el cambio de pH es lento y demorado.

Para pH que están por debajo de 5,5 como los encontrados en la Consociación San Jorge y Asociación Balsayáco, presentan posible toxicidad de Aluminio (Al) y manganeso (Mn). Posibles deficiencias de calcio (Ca), Magnesio (Mg) y molibdeno (Mo), para la implementación de prácticas agropecuarias es necesario encalar los terrenos

Estudios realizados por el IGAC (1990), donde se afirma que los suelos del área de evaluada presentan pH por debajo de 5.5, lo que está de acuerdo con la alta precipitación pluvial que se registra en la zona. Esta es la causa de un lavado permanente de los suelos y por consiguiente la pérdida considerable de cationes tales como el calcio, magnesio y potasio, al respecto el plan de ordenación y

manejo de la cuenca alta del río Putumayo (POMCA) (2010), los valores de pH encontrados a lo largo y ancho de la zona de muestreo, están entre muy fuertemente ácidos, hasta moderadamente ácidos, manteniendo una tendencia general con relación a los suelos del resto del país, situación que se corrobora con lo encontrado en esta investigación.

Los suelos ácidos tienen bajas concentraciones de Ca^{++} , Mg^{++} , K^+ y Na^+ y por tanto su porcentaje de saturación de bases es bajo. Cuando estos suelos se encalan, el porcentaje de saturación de bases aumenta y el pH sube, llegando el suelo a mostrar un elevado porcentaje de saturación libre Lora (1994)

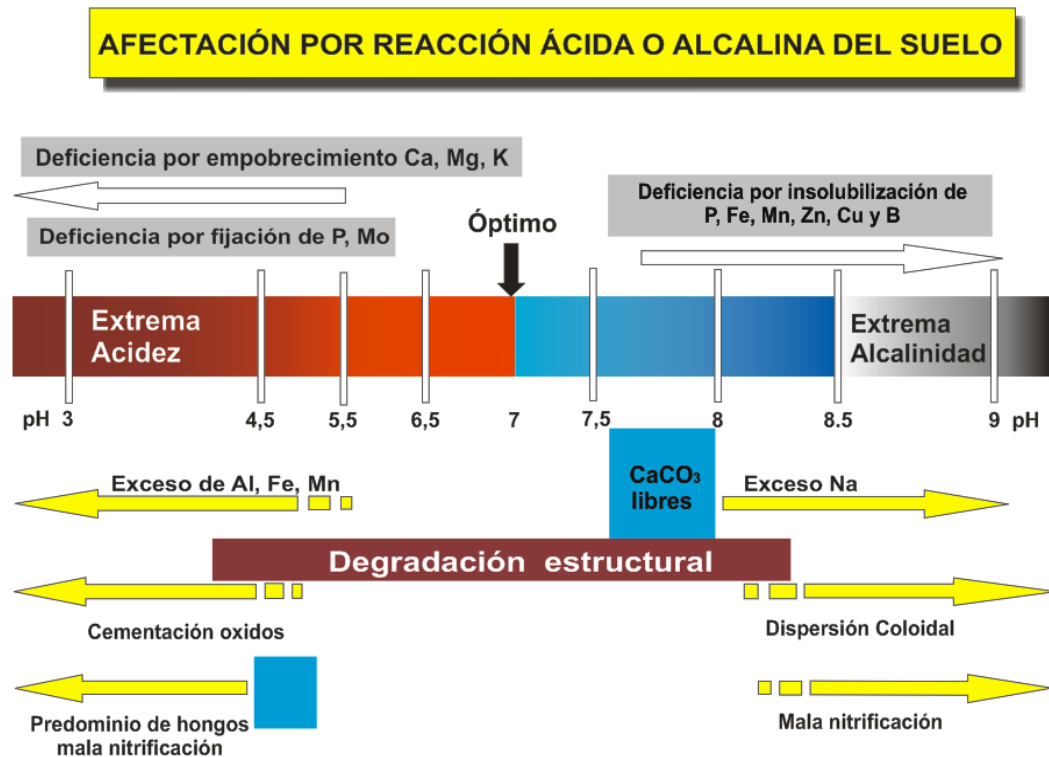
Es posible que en los suelos de las diferentes unidades de suelo y de las capas evaluadas, no se encuentre una diferencia muy marcada en los valores de pH, debido, a que la práctica del encalamiento es poco común en toda el área que abarcó esta investigación.

La acidez de los suelos, permite la solubilidad de los nutrientes y su disponibilidad para las plantas. Este resultado, también se relaciona con el tipo de textura del suelo que condiciona los niveles de acidez (Bernal, 1994; Burbano y Cadena, 2009; Tapia y Rivera, 2010).

Según Burbano (1989), la reacción del suelo es una de las propiedades químicas más importantes del mismo, toda vez que afecta la solubilidad de muchos de los nutrientes esenciales para las plantas y también de sustancias tóxicas para ellas, la que incide en las propiedades de intercambio de cationes y aniones del suelo y afecta igualmente las diversas actividades de los microorganismos que viven en este medio.

En pH ácidos como el registrado en el estudio puede existir deficiencia de elementos como el nitrógeno, fósforo, potasio y azufre ya que estos se hallan disponibles en un rango de pH cercano a la neutralidad, de igual manera al aumentar la acidez del suelo, la flora bacteriana se ve desplazada por el predominio de hongos, con lo que la nitrificación y otros procesos dependientes de la actividad bacteriana se verán afectados. Por tanto, en condiciones de fuerte acidez, la fijación del nitrógeno y la mineralización de residuos vegetales se reducen. Las plantas absorben los nutrientes disueltos en el agua del suelo y la solubilidad de los nutrientes depende en gran medida del valor de pH (Botero, 1978). Como se observa en la figura 20 propuesta por Gómez y Castro (2009), el pH es un indicador de presencia o deficiencia de algunos elementos.

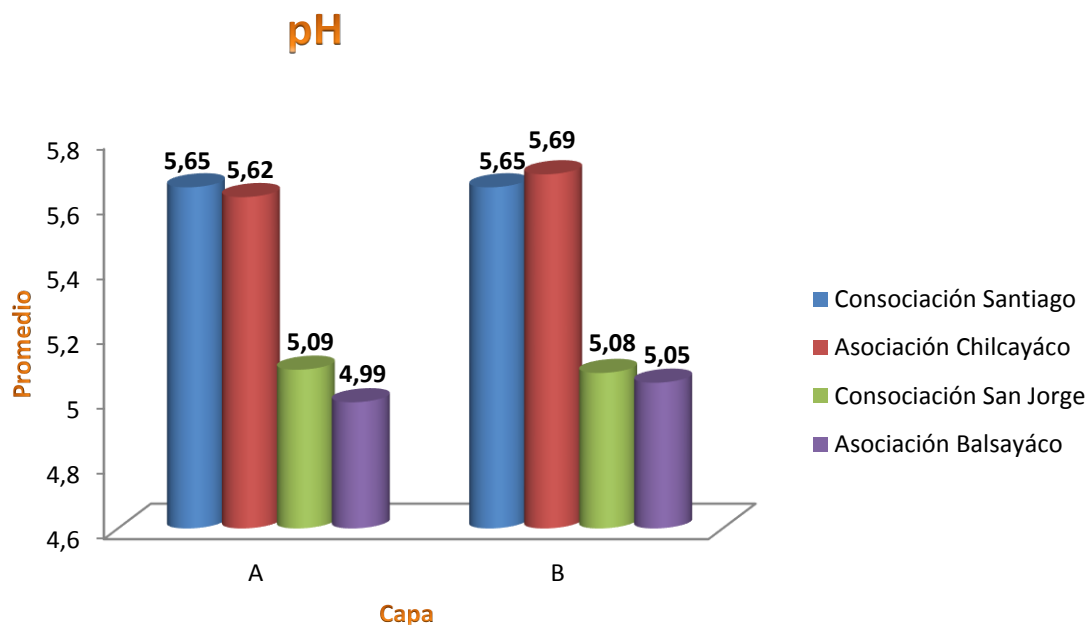
Figura 20. Relación entre la reacción del suelo y procesos que influyen en la disponibilidad de nutrientes (Gómez y Castro 2009)



Las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo están influenciadas por la acidez o basicidad del medio, que a su vez condicionan su uso. Así, la mayoría de las plantas prefieren rangos de pH de 5,5 a 7,5, pero algunas especies prefieren suelos ácidos o alcalinos. Sin embargo, cada planta necesita un rango específico de pH para poder expresar mejor su potencialidad de crecimiento. Del pH también dependen los procesos de humificación y en función del pH se producen distintos tipos de materia orgánica del suelo y propiedades que influyen directamente sobre el crecimiento vegetal como el movimiento y disponibilidad de los nutrientes o los procesos de intercambio catiónico (Marín, 1986).

Los resultados obtenidos para las unidades de suelo evaluadas con respecto a pH se ilustran en la gráfica 8.

Gráfica 8. pH.



Fuente: Esta investigación.

Los promedios obtenidos para todas las propiedades evaluadas en las dos capas se resumen en la tabla 17.

Tabla 17. Promedios por unidades y capa de suelo.

Propiedades		UNIDADES DE SUELO (PROMEDIO)							
		Consociación Santiago		Asociación Chilcayáco		Consociación San Jorge		Asociación Balsayáco	
		Capa		Capa		Capa		Capa	
		A	B	A	B	A	B	A	B
Físicas	Densidad aparente (Da)	0,8	1,2	1,1	1,0	1,0	0,9	0,8	0,8
	Densidad real (Dr.)	1,9	1,8	2,7	2,5	2,7	2,6	2,5	2,6
	Porosidad	55,83	33,17	58,70	59,14	61,02	64,08	66,85	68,97
	Humedad gravimétrica	75,6	47,6	47,4	52,1	49,7	60,2	71,4	75,8
	Humedad volumétrica	57,7	51,4	45,0	49,0	46,8	49,7	54,7	56,3
Química	pH	5,65	5,65	5,62	5,69	5,09	5,08	4,99	5,05

Fuente: Esta investigación.

6.3 RESULTADOS OBTENIDOS EN LA ENCUESTA REALIZADA A LA COMUNIDAD ALEDAÑA A LA MICROCUENCA LA HIDRÁULICA

Para la recopilación de la información fue necesario aplicar una encuesta la cual permitió conocer los usos, manejo y problemas causados por la acumulación de sedimentos en el área de estudio. Se tomó una muestra representativa de 30 personas identificando los puntos con mayor grado de afectación, obteniendo los siguientes resultados:

6.3.1 Análisis de la encuesta aplicada.

Tabla 18. Lista de personas encuestadas.

No.	Nombre y Apellido	Dirección	Área (Ha)	Coordenadas	
				N	W
1	Jesús Bolívar Moran Acosta	B/ Villa del Prado	3	01° 12' 23,3"	076° 54' 43,5"
2	Ginna Lorena Erazo García	B/ Villa del Prado	0,25	01° 12' 16,0"	076° 54' 46,1"
3	Florinda Botina	B/ El Carmen de la Hidráulica	0,25	01° 12' 15,6"	076° 54' 46,6"
4	Cristina Chicunque	B/ Tabanoca	0,125	01° 12' 20,9"	076° 54' 46,7"
5	Lidia Mavisoy	B/ Tabanoca	0,125	01° 12' 21,9"	076° 54' 47,9"
6	Jhoan Muchavisoy	B/ Fray Bartolome	0,125	01° 12' 11,5"	076° 54' 48,0"
7	José Álvaro Chindoy Buesaquillo	B/ Oriental	0,125	01° 12' 11,1"	076° 54' 47,3"
8	María Ínes Carlosama	B/ San Carlos	0,125	01° 11' 59,8"	076° 54' 45,2"
9	Angela Maya	B/ San Carlos	0,25	01° 11' 54,4"	076° 54' 50,6"
10	Segundo Teofilo Erazo	B/ San Carlos	1	01° 11' 45,6"	076° 54' 53,5"
11	Maura Gonzales	Vereda Santa Teresita	5	01° 11' 22,5"	076° 55' 10,9"
12	María Carmen Muchachasoy	Vereda Sagrado Corazón	1	01° 11' 27,6"	076° 55' 11,4"
13	Judith Adelaida Chalpaarizán	Vereda Sagrado Corazón	0,25	01° 11' 16,3"	076° 55' 33,0"
14	Abelardo Melo Castro	Vereda Sagrado Corazón	7	01° 11' 14,3"	076° 55' 54,8"
15	Josefina Dejoy	Vereda Sagrado Corazón	0,75	01° 11' 17,7"	076° 55' 39,7"
16	María Juagibioy	Vereda Sagrado Corazón	0,75	01° 11' 15,1"	076° 55' 46,9"
17	William Erazo	Vereda Sagrado Corazón	0,75	01° 11' 13,3"	076° 55' 45,8"
18	Concepción Dejoy	Vereda El Ejido	0,25	01° 11' 10,8"	076° 56' 11,4"
19	Luz Estella Juagibioy	Vereda Palmas Bajas	0,5	01° 11' 02,8"	076° 56' 28,7"
20	Luz Marina Mutumbajoy	Vereda Llano Grande	1	01° 10' 48,4"	076° 56' 57,9"

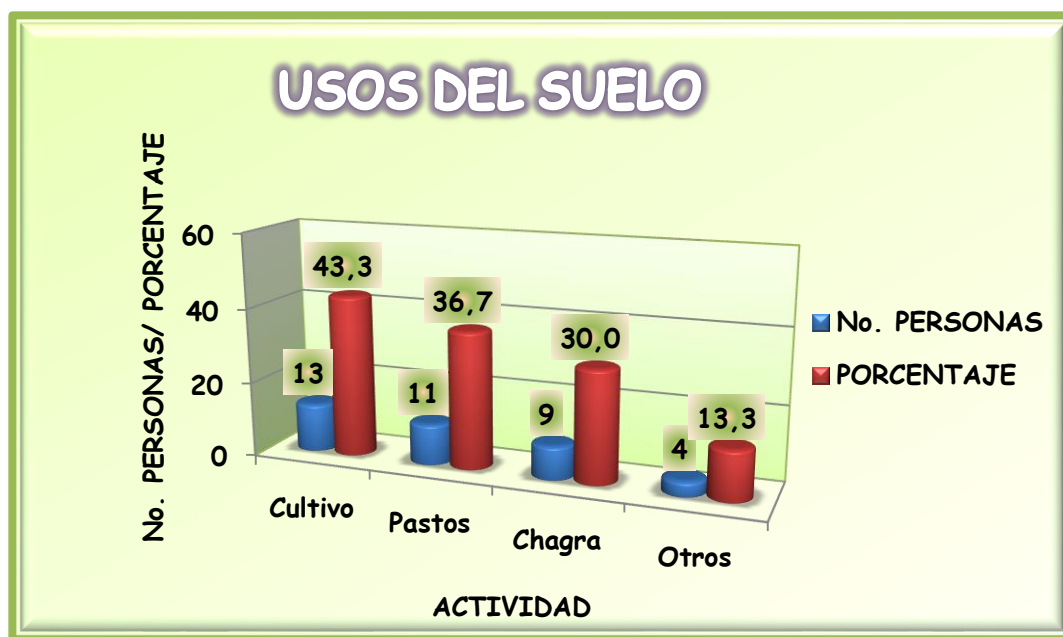
Tabla 18. (Continuación)

No.	Nombre y Apellido	Dirección	Área (Ha)	Coordenadas	
				N	W
21	María Ernestina Jamioy	Vereda Llano Grande	0,75	01° 10' 47,8"	076° 57' 00,3"
22	Guillermo Pinta Cadena	Vereda Llano Grande	4	01° 10' 29,6"	076° 57' 26,1"
23	Mercedes Juagibioy	Vereda Llano Grande	5	01° 10' 24,6"	076° 57' 26,9"
24	Francisco Agustín Luna	Vereda Leandro Agreda	5	01° 09' 58,5"	076° 57' 36,6"
25	Luis Antonio Quinchoa	Vereda Leandro Agreda	3	01° 09' 40,9"	076° 57' 33,8"
26	Felipe Daniel Quinchoa	Vereda Leandro Agreda	3	01° 09' 59,5"	076° 57' 36,8"
27	Clemente Miticanoy	Vereda Leandro Agreda	3	01° 09' 55,0"	076° 57' 38,7"
28	Isabel Miticanoy	Vereda Leandro Agreda	2	01° 09' 52,5"	076° 57' 38,5"
29	Hermilda Taimbut	Vereda Leandro Agreda	2	01° 09' 45,8"	076° 57' 45,3"
30	Ricarte Ortega Florez	Vereda San José de las Cochás (Colón)	4	01° 09' 45,3"	076° 57' 48,3"

Fuente: Esta investigación.

1. Área en hectáreas dedicada a: Cultivo Pastos Chagra Otros
 ¿Cuántas? _____

Gráfica 9. Usos del suelo.



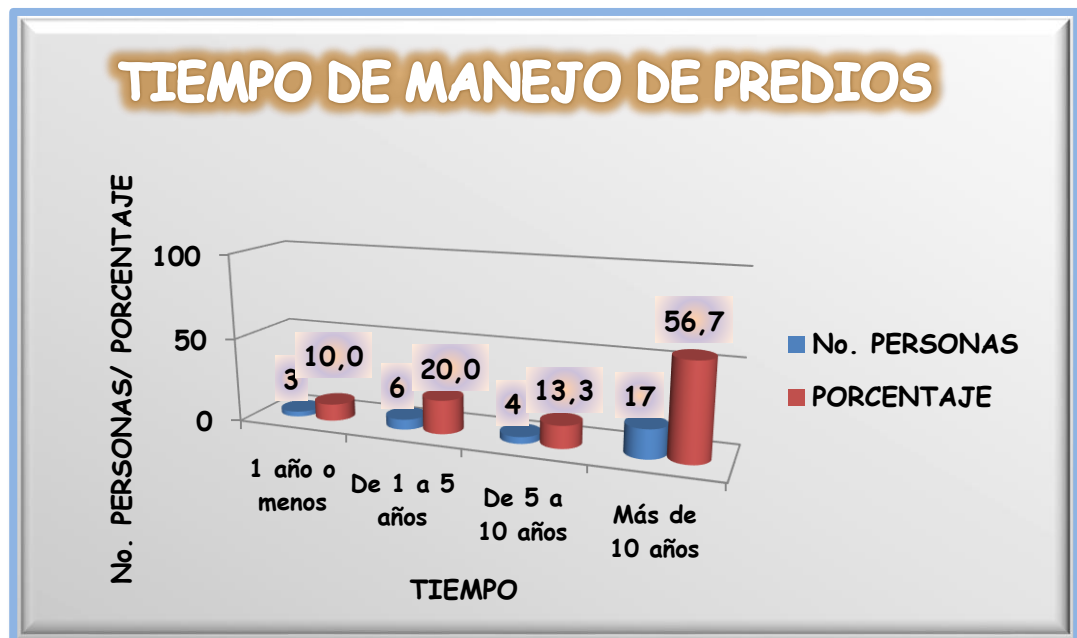
Fuente: Esta investigación.

Como se observa en la gráfica 9, el 43,3% de los encuestados dedica sus predios a cultivos, ya que los suelos de la zona de estudio en gran parte se caracterizan por ser altamente productivos y de estas prácticas se deriva el sustento familiar. Los principales cultivos que se manejan son frijol, maíz, frutales como granadilla, lulo, tomate y mora. Cabe resaltar que muchas de las personas encuestadas tienen integrado dentro de sus predios varios sistemas que incluyen chagras, cultivos y ganadería (pastos). También se debe mencionar que muchas de las chagras existentes en el área se destinan para el consumo netamente familiar.

2. ¿Hace cuánto tiempo maneja Ud. el predio?

- 1 año o menos
- De 1 a 5 años
- De 5 a 10 años
- Más de 10 años

Gráfica 10. Tiempo de manejo de predios.



Fuente: Esta investigación.

Los predios de la zona de estudio tradicionalmente se han venido pasando de generación en generación, principalmente desde la vereda Sagrado Corazón de Jesús hacia la parte baja debido a costumbres étnicas y por considerarse como territorio ancestral, por lo tanto se puede corroborar en la gráfica 10, en donde el 56,7% de los encuestados maneja sus propiedades hace más de 10 años. Hacia la parte alta, los asentamientos poblacionales y manejo de las tierras tienen un

tiempo de 1 a 5 años (20%) debido a que el crecimiento urbano ha ido ocupando territorios que están en el área de influencia a la microcuenca la Hidráulica, y por ende se han visto afectados por problemas de inundaciones y acumulación de sedimentos.

3. ¿Se ha visto afectado por efectos de inundaciones en los últimos 5 años?

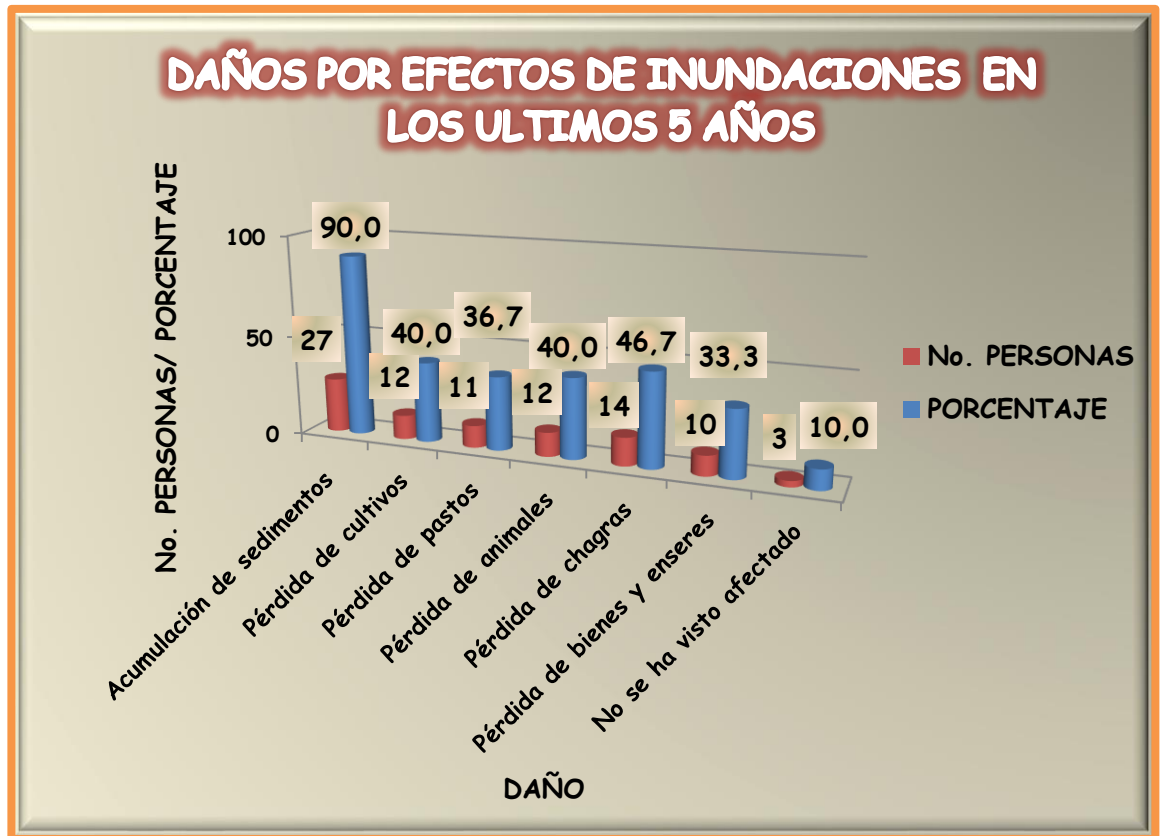
Sí No

(Si responde no) ¿Cuál cree ud que es la causa para no ser afectado por esta problemática? _____

(Si contesta sí) ¿Qué efectos negativos le han generado las inundaciones?

- Acumulación de sedimentos en los terrenos
- Perdida de cultivos ¿Cuáles? _____
- Perdida de pastos
- Perdida de animales ¿Cuáles? _____
- Perdida de chagras
- Perdida de bienes y enseres

Gráfica 11. Daños por efectos de inundaciones en los últimos 5 años.

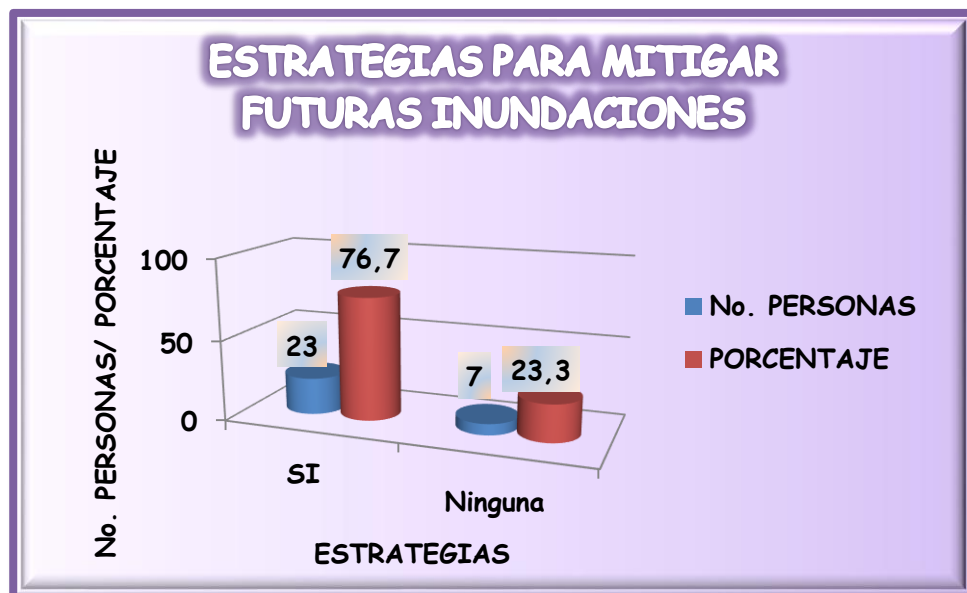


Fuente: Esta investigación.

La gráfica 11 permite concluir que el problema más relevante que se presenta en el área evaluada es la acumulación de sedimentos (90%), lo que genera pérdida de cultivos, pastos (36,7%), animales (40%) y chagras (46,7%). Los propietarios de terrenos o habitantes de la zona manifiestan que se han visto afectados debido a la poca intervención de las entidades competentes del mantenimiento y descolmatación de la quebrada Hidráulica, que en temporada invernal puede represarse en la parte alta ocasionando avalanchas que inundan la parte media y baja, afectando a la comunidad por daños en infraestructura, pérdida de bienes y enseres (33,3%) cambiando algunas de las propiedades del suelo y generando riesgos para la seguridad alimentaria y de saneamiento básico.

4. ¿Qué estrategias ha establecido para mitigar las futuras inundaciones que afectan sus predios?

Gráfica 12. Estrategias para mitigar futuras inundaciones.



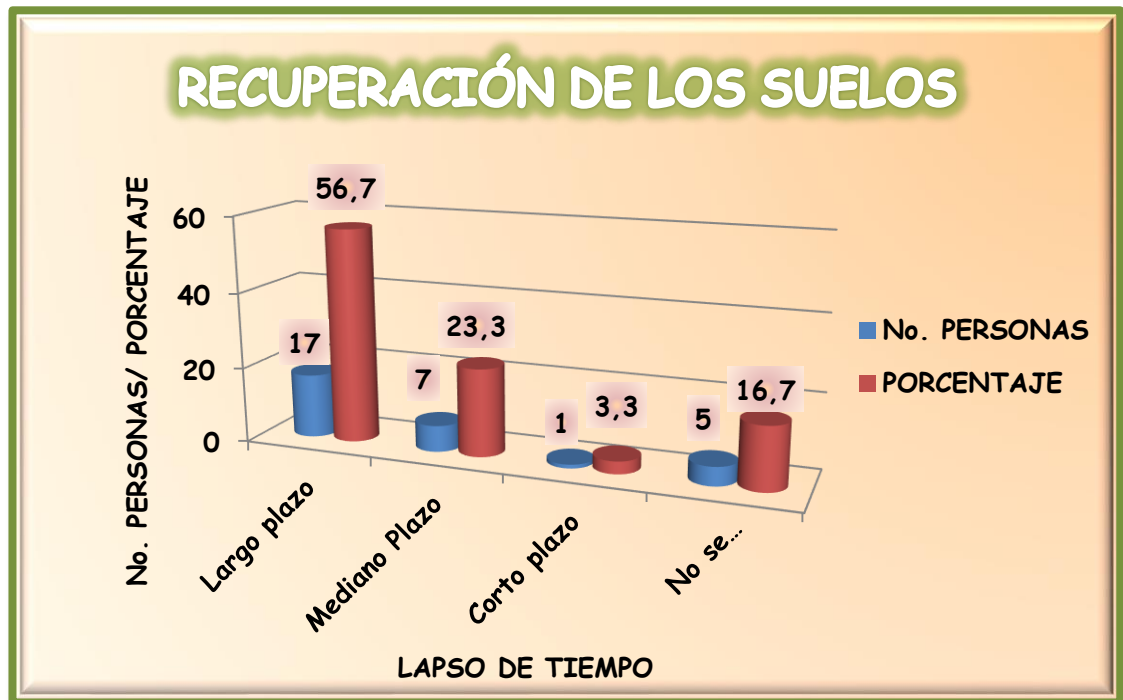
Fuente: Esta investigación.

El 76,7% de las personas como se observa en la gráfica 12, se han visto afectadas por efectos de inundaciones y acumulación de sedimentos, optan por buscar unas posibles soluciones que ayuden a mitigar el impacto negativo provisionalmente implementando bolsa cretas artesanales (costales con arena), limpieza de cauces, entre otros que previenen el arrastre de sedimentos y el paso del agua a sus propiedades. Sin embargo, estas formas de prevención no son muy eficaces ni duraderas puesto que se deterioran a muy corto plazo y en caso de presentarse caudales muy elevados y corrientes muy fuertes, estas obras

artesanales colapsan fácilmente, aumentando el riesgo de pérdida de vidas humanas, de animales, bienes y enseres, afectando los predios aledaños.

5. ¿Después de los problemas de acumulación de sedimentos, los suelos son fácilmente recuperables o quedan inservibles?
-
-

Gráfica 13. Recuperación de los suelos.



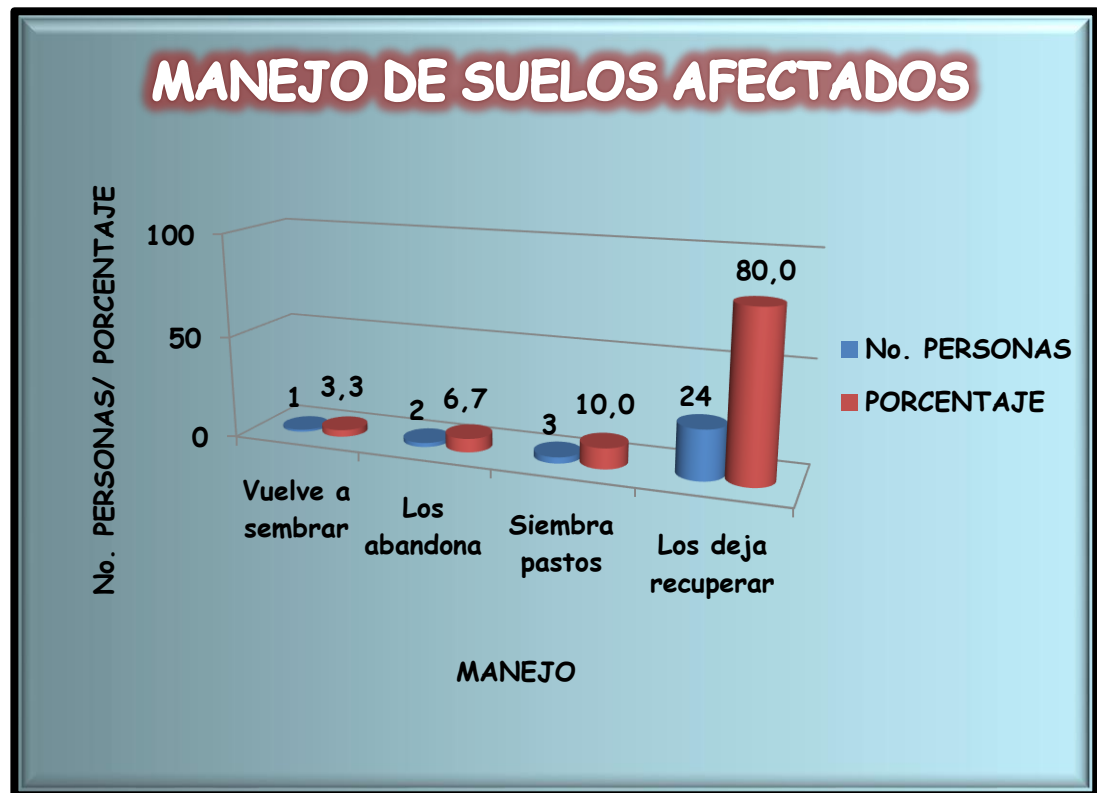
Fuente: Esta investigación.

Como se puede apreciar en la gráfica 13, un 56,7% de los habitantes de la zona concuerdan en que se necesita un tiempo prolongado para que los suelos se recuperen, y se los debe ayudar con abonos orgánicos pero de igual forma no se recobran en su totalidad. El 23,3% opina que es posible retomar las actividades agropecuarias a un mediano plazo ya que se han corregido en gran parte los efectos negativos ocasionados por la ola invernal. Aunque es muy difícil retirar las arenas depositadas en los terrenos, la comunidad espera que haya una revegetalización como indicador para continuar con las labores productivas.

6. ¿Qué manejo les da a los suelos que han sufrido problemas de sedimentación?

- Vuelve a sembrar
- Los abandona
- Siembra pastos
- Los deja recuperar

Gráfica 14. Manejo de suelos afectados.



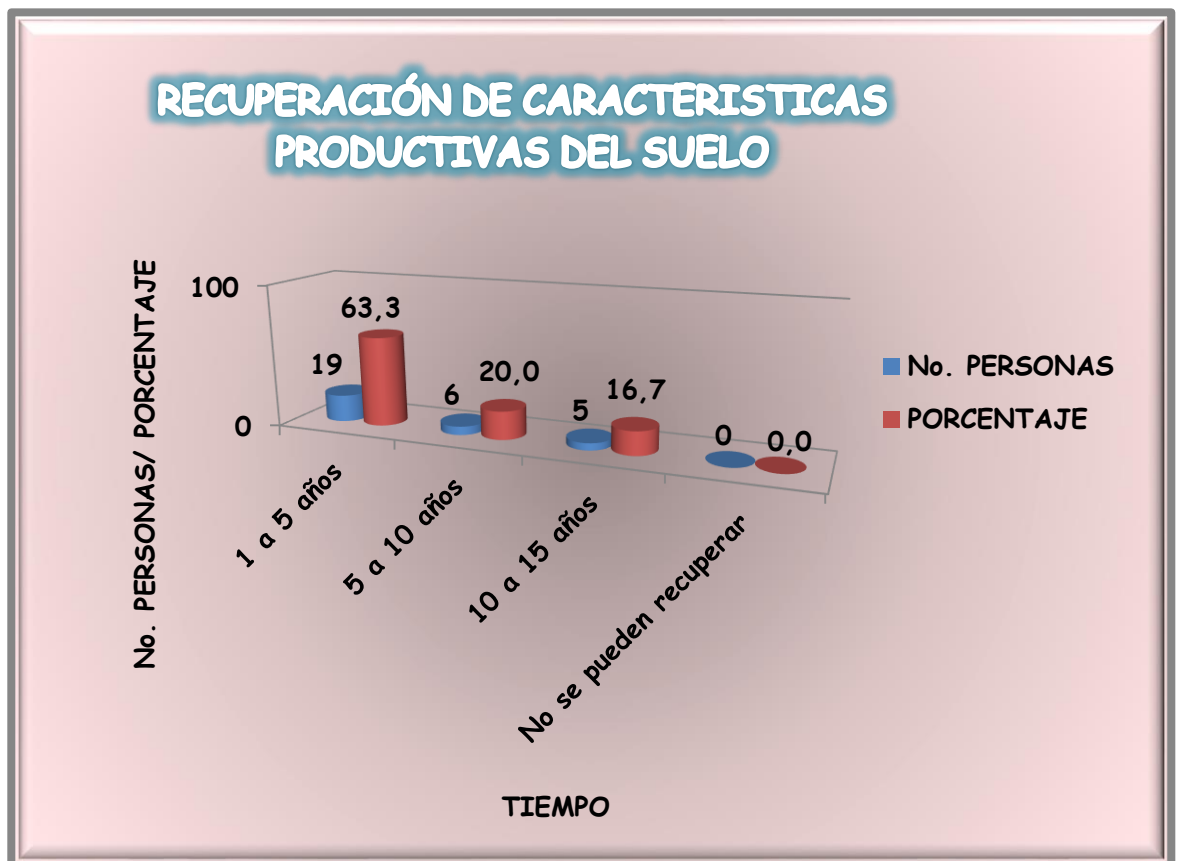
Fuente: Esta investigación.

Después de sufrir problemas de inundaciones y acumulación de sedimentos en sus terrenos, los pobladores de las zonas afectadas con un 80% coinciden en que la mejor estrategia para que el suelo pueda recuperarse es dejarlo descansar por un lapso de tiempo para que haya una restauración de las propiedades productivas para luego continuar con las labores agropecuarias. No obstante, como se puede observar en la gráfica 14, que la siembra de pastos con un 10% es una de las estrategias implementadas que contribuye a la protección del suelo para luego llevar a cabo los sistemas de los cuales depende su sostenimiento.

7. ¿Cuánto tiempo cree ud que tardaría en recuperar las características productivas de estos suelos?

- 1 a 5 años
- 5 a 10 años
- 10 a 15 años
- No se pueden recuperar

Gráfica 15. Recuperación de características productivas del suelo.



Fuente: Esta investigación.

La recopilación de información permitió conocer que los propietarios de los predios que se han visto afectados, piensan que las características productivas se recuperan de 1 a 5 años (gráfica 15), tiempo después del cual vuelven a implementar actividades de producción.

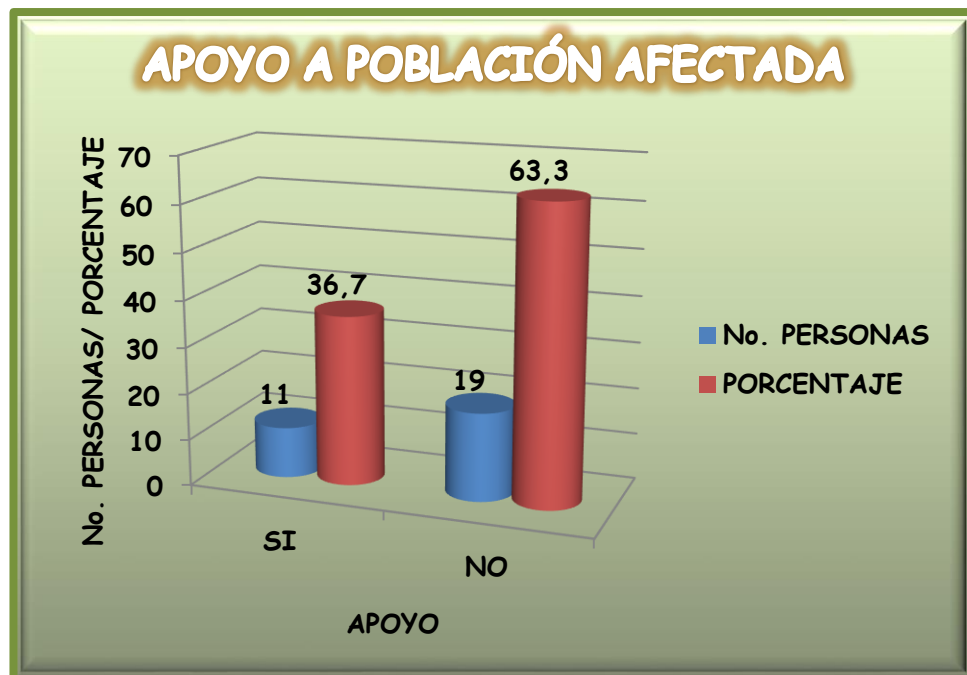
Para que se acelere el proceso de regeneración, optan por aplicar abonos orgánicos y/o químicos que hacen que las plantas tengan una absorción de nutrientes apropiada mejorando su crecimiento y desarrollo. Algunas personas

también creen que el suelo puede recuperarse después de 5 hasta los 10 años, donde los sedimentos acumulados, por procesos de integración con materia orgánica permiten una recuperación a nivel de física, química y biología de suelos.

8. ¿Han recibido apoyo por parte de entidades gubernamentales y no gubernamentales para superar esta dificultad?

Sí No ¿Cuáles? _____

Gráfica 16. Apoyo a población afectada.



Fuente: Esta investigación.

A pesar de la problemática que se ha presentado en el área de influencia a la microcuenca la Hidráulica, el 63,3% de los afectados manifiestan que no han recibido ningún tipo de ayuda por parte de las autoridades (públicas o privadas) (gráfica 16), debido a que personas que no han sufrido las consecuencias de la ola invernal han aprovechado la situación y han sacado provecho de los suministros principalmente remesas dejando sin posibilidad de acceso a la comunidad que realmente lo necesita.

Por otro lado, el 36,7% de la población afectada si ha podido acceder a estas ayudas, pero manifiestan que es una solución que no abarca todas las necesidades y que se debe implementar una estrategia de prevención para evitar que la comunidad se vea afectada por la ola invernal.

6. CONCLUSIONES

Los procesos de intervención que han y siguen sufriendo los suelos de la parte alta de la microcuenca la Hidráulica, generan desestabilización que posteriormente repercute en arrastre de sedimentos hacia la parte plana donde los suelos se ubican desde la consociación Santiago hasta la asociación Balsayáco.

La acumulación de sedimentos, se presenta en un mayor porcentaje en la asociación Chilcayáco y consociación San Jorge, donde en la capa de acumulación se presentan suelos arenosos generando cambios en las texturas, ocasionando lavado de los nutrientes, mayor infiltración, pérdida de retención de agua, baja CIC, por lo que el anclaje de las raíces de las plantas en el suelo se dificulta.

El mayor porcentaje en la capa sedimentada presento una textura areno limosa exceptuando la asociación Balsayáco en donde predominaron texturas arcillosas debido a que son suelos de origen orgánicos.

En relación a la densidad aparente y real en la zona de estudio, los valores obtenidos indican una baja variabilidad para las dos capas evaluadas en las diferentes unidades de suelo, presentándose la mayor alteración en la Consociación Santiago en donde la densidad aparente es mayor en la capa B lo que demuestra cambio negativo en este aspecto.

El pH en las capas A y B de la consociación Santiago y asociación Chilcayáco indica que no existe una diferencia debido a que los pH se mantienen con un grado de moderadamente ácido puesto que se ha presentado acumulación de sedimentos. En la Consociación San Jorge los pH oscilaron entre 5,09 y 5,08 catalogándose como fuertemente ácidos por las características de origen de estos suelos, en la asociación Balsayáco los valores fueron los más bajos del estudio debido a que al ser suelos orgánicos, la formación de ácido carbónico disminuye el pH catalogándose muy fuertemente ácidos.

7. RECOMENDACIONES

La microcuenca la Hidráulica debe tener prioridad en cuanto al estado de sus recursos agua y suelo por ser la fuente abastecedora del acueducto municipal.

Se deben implementar estrategias de recuperación en la parte alta donde se originan problemas de remociones en masa, lo que genera inundaciones hacia la parte media y baja, puesto que la prevención es la mejor alternativa para que en un futuro no se presenten situaciones de emergencia.

Se hace necesario realizar un estudio que involucre las propiedades químicas y biológicas del suelo para determinar el grado de afectación que han generado los sedimentos en la calidad de los suelos.

Es deber de las entidades competentes, velar por el bienestar de la comunidad asentada y que realiza actividades de producción a lo largo y ancho de la microcuenca la Hidráulica, realizando la respectiva limpieza y descolmatación del cauce para prevenir futuras inundaciones que atenten contra las condiciones de salud y saneamiento básico.

Se recomienda que en caso de presentarse una eventual situación de emergencia, las personas tengan una preparación previa para que puedan reaccionar de la mejor manera.

BIBLIOGRAFÍA

Amézquita, Edgar & Chávez, Luis F. (1994). La compactación del suelo y sus efectos en la productividad de los suelos. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo (SCCS), Colombia. p: 1 - 18 – 20.

Anónimo, 2010. Tecnun. Universidad de Navarra. España.

Bergsma, 1996. Teréinology for soil erosion and conservation. International Society of Soil Science/International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences/International Soil Reference and Information Centre. Wageningen.

Bernal Olivares, 2013. Formas del relieve. Isuu cipres de Cartagena.

Bernal, J.A. 1994. El cultivo de la granadilla (*Passiflora ligularis*). pp. 183-196. En: Memorias Curso Regional de Actualización en Frutas Tropicales. C.I. Nataima, Corpoica, Espinal, Colombia.

Bonneau, M. et G. Levy. 1979. Assemblage et organization physique des particules. pp. 234-250. In: M. Bonneau et B. Souchier (ed.). Pédologie 2: Constituants et propriétés du sol. Elsevier- Masson. Paris, France.

Bornemisza, E. 1982. Introducción a la química de suelos. San José, Costa Rica, Universidad de Costa Rica. 74 p.

BOTERO, P. J. Interpretación de imágenes para estudios de suelos. Notas de clase. CIAF. Bogotá, 1978. 292 p.

Bruckler, L. 1998. Les transferts dans le sol. pp. 29-40. In: P. Stengel et S. Gelin (coord.). Sol interface fragile. Editions de l'Institut National de la Recherche Agronomique. Paris, France

Burbano, F.; Cadena, W. Determinación de las características edafoclimáticas que garantizan la producción y calidad nutritiva del pasto brasilero (*Phalaris* sp.), en condiciones de no intervención, en un rango de altitud comprendida entre 3050 - 3300 m.s.n.m. en el municipio de Guachucal, departamento de Nariño. Pasto, Colombia: Universidad de Nariño, 2009. Trabajo de grado, (Zootecnista).

Burbano, H. (1989). El suelo una visión sobre sus componentes bioorganicos. Pasto Colombia. Universidad de Nariño.

BURBANO, H., CORAL D., UNIGARRO A., ROMO M. 2005. Evaluación de la calidad del recurso suelo en el parque nacional santuario de flora y fauna Galeras, sur de Colombia. Universidad de Nariño, San Juan de Pasto. 178 p.

Cairo Cairo, P., Fundora Herrera, O. 1994. Edafología. Editorial Pueblo y Educación. Ciudad de La Habana. 476 pp.

Castro, Hugo.; Gómez Manuel. 2013. Fertilidad de suelos y fertilizantes. Principios básicos, segunda edición. Sociedad Colombiana de la ciencia del suelo. Bogotá, D.C. pp 217- 298.

Cécillon, L., B. Barthès, C. Gómez, D. Ertlen, V. Genot, M. Hedde, A. Stevens, and J. J. Brun. 2009. Assessment and monitoring of soil quality using near infrared reflectance spectroscopy (NIRS). Eur. J. Soil Sci. 60: 770-784.

Cerda A. 1998. The influence of geomorphological position and vegetation cover on the erosional and hydrological processes on a Mediterranean hillslope. Hydrological Processes 12: 661–671.

Cheveli, P. L Font, BJ Calero et al. 2006. Evaluación de algunos indicadores microbiológicos en dos suelos arroceros de la provincia de Camagüey. Cuba. ITEA. Vol 102 (1). 3,12

Corpoamazonía (Ed.). (2010). Plan de Ordenación y Manejo de la cuenca alta - alta del río Putumayo. Mocoa: Corpoamazonía, WWF y Asociación Ampora, 130 p.

Diaz, G.; Ruiz, M y Cabrera, J. 2009. Modificaciones a las propiedades físicas del suelo por la acción de diferentes prácticas productivas para cultivar arroz (*Oryza sativa* L.).cultrop. 30 (3).

Dorronso, C. (07 de Julio de 2011). Tema 1. La problemática de la utilización del suelo. Recuperado el 1 de Agosto de 2011, de Departamento de Edafología y Química Agrícola. Universidad de Granada. España: http://edafologia.ugr.es/erosion/tema1_intro/1_intro2010.pdf

FAO, F. A. (1988). Salt-Affected Soils and their Management. Roma: FAO Publications.

FAO, Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación. (2011). El Estado de los recursos de tierras y aguas del mundo para la alimentación y la agricultura cómo gestionar los sistemas en peligro. Oficina de intercambio de conocimientos, investigación y Extensión, FAO. Roma, Italia. p: 3.

- Forsythe, W. 1985 Física de Suelos. IICA. San José, Costa Rica pp 212.
- García-Chevesich, P. 2008. Procesos y control de la erosión. Outskirts Press. Denver, CO. 276 p.
- Germer S, C Neill, A Krusche, H Elsenbeer. 2010. Influence of land-use change on near-surface hydrological processes: undisturbed forest to pasture. *Journal of Hydrology* 380: 473–480.
- Gliessman Stephen R. 2002 Agroecología. Procesos ecológicos en agricultura sostenible. Turrialba. Litocat.
- Global Assessment of Soil Degradation, 1991. Lección 10. Degradación del suelo
- Gomez, M., Castro, H. 2009. Gestion de la fertilidad de suelos: diagnostico, interpretación y recomendación de nutrientes en la fertilización de cultivos. Diplomado en fertilidad de suelos y fertilizantes. Ingeplant. Bogotá. 61p.
- Gomi T, R Moore, M Hassan. 2005. Suspended sediment dynamics in small forest streams of the Pacific Northwest. *Journal of American Water Resources Association* 41(4): 877-898.
- GONZÁLEZ, C. O., IGLESIAS, C. E., & HERRERA, S. M. (2009). Análisis de los factores que provocan compactación del suelo agrícola. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, Vol 18 N° 2 , 57-63.
- Guerrero G, A (1990) El suelo, los abonos y la fertilización de los cultivos. Mundi-Prensa. Madrid, España. 206 pp
- Henriquez, C y Cabalceta, G. Guía práctica para el estudio introductorio de los suelos con un enfoque agrícola. Costa Rica, Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo, 1999. 112p.
- Herrera B, J, A. 2009. Propiedades del suelo. Colombia.
- Ibáñez Asensio, Sara; Gisbert Blanquer, Juan Manuel; Moreno Ramón, Héctor. 2011. Entisoles. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y del Medio Natural. p: 3
- Instituto Geografico Agustin Codazzi, 1990. Estudio general de suelos detallado de los municipio de Santiago, Colón, San Francisco, Sibundoy, Mocoa, Villa Garzón, Puerto Asís, Orito y parte del norte de la Hormiga

Iroumé A. 1992. Precipitación, escorrentía y producción de sedimentos en suspensión en una cuenca cercana a Valdivia, Chile. *Bosque* 13: 15-23.

Jaramillo J, Daniel F. (2002.) Introducción a la ciencia del suelo. Recuperado de <http://www.bdigital.unal.edu.co/2242/1/70060838.2002.pdf>

JARAMILLO J. 2001. Ciencia del suelo. Notas de calase, Universidad del Valle, Facultad de Ingeniería. p 69.

JARAMILLO, D. 2002. Introducción a la ciencia del suelo. Medellín, Universidad Nacional de Colombia, 2002. 613p.

Jaramillo, J. Ciencia del suelo. Notas de clase, Universidad del Valle, Facultad de Ingeniería, 2004. p.69.

Juárez Badillo & Rico Rodríguez. 2008. Mecánica de suelos. Tomo I. fundamentos de la mecánica de suelos. México: Editorial Noriega. p 644

Karlen, D. L., M. J. Mausbach, J. W. Doran, R. G. Cline, R. F. Harris, and G. E. Schuman. 1997. Soil quality: A concept, definition, and framework for evaluation. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 61: 4-10.3

Karwan D, J Gravelle y J Hubbart. 2007. Effects of timber harvest on suspended sediment loads in Mica Creek, Idaho. *Forest Science* 53(2): 181-188.

Lal R, MK Shukla. 2004. Principles of soil physics. New York, USA. Marcel Dekker. 716 p.

Lee R. 1980. Forest hydrology. New York, USA. Columbia University Press.

LORA, R. 1994. Factores que afectan la disponibilidad de nutrimentos para las plantas, In Silva, F. (ed), Fertilidad de suelos, diagnóstico y control. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. Santafé de Bogotá, Colombia. pp. 30 - 55.

Lora, R. 2003. Las propiedades químicas de suelo y su fertilidad. En: Manejo integral de la fertilidad del suelo. Sociedad colombiana de la ciencia del suelo. Bogotá, pp. 31-42.

Lora, S. 2010. Propiedades químicas del suelo. Ciencia del suelo principios básicos. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo, Bogotá – Colombia, pp 77 – 137.

Luque C, L, M. 2013. Tipos de suelos. Universidad Peruana Union. Juliaca. Perú.

Malagón Castro, Dimas. (2002). Los suelos de Colombia. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Bogotá D. C. p: 2

Malagon, D. (1990), física de suelo. Bogotá, Cali, Col.IGAC.622 P.

Marín, G. 1986. Fertilidad de suelos. Bogota (CO): ICA. 193 p. Manual de asistencia técnica No. 039.

Mayor A, S Bautista y J Bellot. 2009. Factors and interactions controlling infiltration, runoff, and soil loss at the microscale in a patchy Mediterranean semiarid landscape. *Earth Surface Processes and Landforms* 34: 1702–1711.

Mila A. 2001. Suelos, pastos y forrajes: Producción y manejo. Bogotá: UNISUR. p.88.

Montenegro, H y D. Malagón. 1990. Propiedades físicas de los suelos. IGAC, Bogota. 813 p.

Montenegro, H. 2003. Propiedades físicas de los suelos en relación con la fertilidad. p. 3-21. En: Triana, M. Lara, R. Gómez, M. I. y Peñaloza G., eds. Manejo integral de la fertilidad del suelo. Bogotá: Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo.

Morgan, R. 2005. Soil erosion and conservation. National Soil Resources Institute. Cranfield University. Blackwell Science Ltd. Oxford, UK. 304 p.

Morris, G.; Fan, J. 1997. Reservoir sedimentation handbook. McGraw-Hill. New York, NY.

Murgueitio, E., Cuartas, C., Narango, J.F., Murgueitio, M.M., Córdoba, C.P., Uribe, F., Molina, C.H. y Solarte, L.H. 2010. Manual de establecimiento y manejo de los SSPi. Bogotá, Federación Colombiana de Ganaderos (Fedegán), Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA) y CIPAV.

Navarro B. S. & G.Navarro G. 2003. El agua y la Atmósfera del Suelo. En: Química Agrícola, El suelo y los elementos químicos esenciales para la vida. 2 ed. Madrid: Ediciones Mundi- Prensa, p. 81- 94.

Pacheco M. (1980), PLA, I. 1997. Metodología para la caracterización física con fines de diagnóstico de problemas de manejo y conservación de suelos en condiciones tropicales. Maracay, ven. UCV-fagro.112 P.

Pinto, R. 2000. Manual de Edafología.4 ed. Alfaomega. 267. Págs.

Rivas, Libardo; Hoyos, Phanor; Amézquita, Edgar y Molina, Diego Luís. (2004). Análisis económico de una estrategia para su conservación y mejoramiento: Construcción de la capa arable. Proyecto de Evaluación de Impacto Proyecto de Suelos. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Convenio MADR – CIAT. Cali, Diciembre. p: 2 -10-13.

Rocha, 1998. Introducción a la hidráulica Fluvial, UTO-FNI-CIVIL. Oruro, Bolivia.

Rodríguez, A. (2008). Manual de mecánica del suelo y cimentaciones. Recuperado de http://www.uned.es/dptoicf/mecanica_del_suelo_y_cimentaciones/images/mecansueloycimentacionescap_1.pdf

Rucks, L., García, F., Kaplán, A., Ponce De León, J., & Hill, M. (2004). Propiedades físicas del suelo. Montevideo - Uruguay.

Ruiz-Camacho, N., E. Velásquez, A. Pando, T. Decaens, et F. Dubs. 2009. Indicateurs synthétiques de la qualité du sol. *Etu. Gest. Sols* 16: 323-338.

Salamanca, S. Rafael. 1984. Suelos y Fertilizantes. Universidad Santo Tomas. Centro de enseñanza desescolarizada. Bogota. 345 p.

Sampat A. Gavande, (1991), Física de suelo principios y aplicaciones, Editorial Limusa, México Pág.17.

Silva M, G, A. 2003. Transporte de sedimentos en ríos.

Sojka, R. E. and D. R. Upchurch. 1999. Reservations regarding the soil quality concept. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 63: 1039-1054.

Soriano, S.M.; Pons, M.V. Prácticas de Edafología y Climatología. México D.F.: Alfaomega Grupo Editor, 2004. p.33-38.

Tapia, C.E.; Rivera, C.C. Determinación de los factores climáticos y edáficos que intervienen en la producción y calidad nutritiva del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst) en condiciones de no intervención en el municipio de Guachucal, departamento de Nariño. Pasto, Colombia: Universidad de Nariño, 2010. Trabajo de grado (Zootecnista).

Terlien, M. 1998. The determination of statistical and deterministic hydrological landslide-triggering thresholds. *Environmental Geology* 35(273): 124-130.

Thompson, L. los suelos y su fertilidad 4ª edición, Texas: Reverté, 1988. p.80.

Turnbull L, J Wainwright, R Brazier. 2010. Changes in hydrology and erosion over a transition from grassland to shrubland. *Hydrological Processes* 24: 393–414.

UNESCO, 2010. Procesos de erosión – sedimentación en cauces y cuencas. Daniel Brea, Francisco Balocchi. Documentos Técnicos del PHI-LAC, N° 22.

Unigarro, A y Carreño, M. Métodos químicos para el análisis de suelos. Pasto, Universidad de Nariño, 2005. pp. 9-32

Unigarro, S.A.; Insuasty, B.R.; Chaves, J.G. Manual de prácticas de laboratorios. Suelos generales. Pasto, Colombia: Universidad de Nariño, 2009. p.25-105.

Universidad del Cauca. 2007. Parte I. Geomorfología Fluvial. Recuperado de http://artemisa.unicauca.edu.co/~hdulica/t_geomorfologia.pdf.

Valenzuela V, Valesca Hernández G, Felipe Rodríguez S, Raúl Carrillo G. 2013 Departamento de Fomento de la Producción Animal, Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias, Universidad de Chile.

Valenzuela, I y Torrente A. 2010. Física de suelos. Ciencia del suelo principios básicos. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo, Bogotá – Colombia, pp 143 – 209.

Viveros, M. Diagnóstico químico del suelo. En: Curso sobre diagnóstico – fertilidad e interpretación de análisis de suelos. Pasto, Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo, 1988. pp. 1-31

Ward AD, SW Trimble. 2004. *Environmental Hydrology*. London, UK. Lewis Publishers CRC Press Company. 472 p.

ANEXOS

Anexo A. Encuesta dirigida a propietarios de predios ubicados a las riveras de la microcuenca La Hidráulica ubicada en el Municipio de Sibundoy departamento del Putumayo

OBJETIVO: Recopilar la información necesaria para el desarrollo de la investigación: EFECTO DE LA ACUMULACIÓN DE SEDIMENTOS SOBRE LOS SUELOS DE LA MICROCUENCA LA HIDRÁULICA UBICADOS EN EL MUNICIPIO DE SIBUNDOY DEPARTAMENTO DEL PUTUMAYO.

DATOS GEOGRÁFICOS

Fecha: _____ Encuesta No. _____
Vereda: _____ Municipio: _____ Putumayo _____
Área N° (Ha) _____ Coordenadas
N W

IDENTIFICACIÓN DEL ENCUESTADO.

Nombre y Apellido _____ Edad _____
Propietario Arrendatario Otro ¿Cuál? _____

1. Área en hectáreas dedicada a: Cultivo Pastos Chagra Otros
¿Cuántas? _____
2. ¿Hace cuánto tiempo maneja Ud. el predio?
 - 1 año o menos
 - De 1 a 5 años
 - De 5 a 10 años
 - Más de 10 años
3. ¿Se ha visto afectado por efectos de inundaciones en los últimos 5 años?
Sí No

(Si responde no) ¿Cuál cree ud que es la causa para no ser afectado por esta problemática? _____

(Si contesta sí) ¿Qué efectos negativos le han generado las inundaciones?

- Acumulación de sedimentos en los terrenos
- Perdida de cultivos ¿Cuáles? _____
- Perdida de pastos
- Perdida de animales ¿Cuáles? _____
- Perdida de chagras
- Perdida de bienes y enseres

4. ¿Qué estrategias ha establecido para mitigar las futuras inundaciones que afectan sus predios?

5. ¿Después de los problemas de acumulación de sedimentos, los suelos son fácilmente recuperables o quedan inservibles?

6. ¿Qué manejo les da a los suelos que han sufrido problemas de sedimentación?

- Vuelve a sembrar
- Los abandona
- Siembra pastos
- Los deja recuperar

7. ¿Cuánto tiempo cree ud que tardaría en recuperar las características productivas de estos suelos?

- 1 a 5 años
- 5 a 10 años
- 10 a 15 años
- No se pueden recuperar

8. ¿Han recibido apoyo por parte de entidades gubernamentales y no gubernamentales para superar esta dificultad?

Sí No ¿Cuáles? _____

MUCHAS GRACIAS POR SU VALIOSA COLABORACIÓN

Anexo B. Tonalidades de color de las unidades de suelo Capa A.

COLOR A						
UNIDADES DE SUELO	No	Muestra	Color Húmedo	Color según tabla Munsell	Color Seco	Color según tabla Munsell
CONSOCIACIÓN SANTIAGO	Km 1	A 1	10YR 3/2	Pardo gris muy oscuro	10YR 4/2	Pardo gris oscuro
		A 2	10YR 4/3	Pardo oscuro	2,5Y 7/4	Amarillo pálido
		A 3	10YR 3/3	Pardo oscuro	10YR 5/3	Pardo

CLASE	COLOR		NÚMERO DE MUESTRAS		PORCENTAJE (%)	
			SUELO HÚMEDO	SUELO SECO	SUELO HÚMEDO	SUELO SECO
1	10YR 3/2	Pardo gris muy oscuro	1		33,3	0,0
2	10YR 4/3	Pardo oscuro	1		33,3	0,0
3	10YR 3/3	Pardo oscuro	1		33,3	0,0
4	10YR 4/2	Pardo gris oscuro		1	0,0	33,3
5	2,5Y 7/4	Amarillo pálido		1	0,0	33,3
6	10YR 5/3	Pardo		1	0,0	33,3
TOTAL			3	3	100	100

COLOR A						
UNIDADES DE SUELO	No	Muestra	Color Húmedo	Color según tabla Munsell	Color Seco	Color según tabla Munsell
ASOCIACIÓN CHILCAYÁCO	Km 1	A 4	2,5Y 4/4	Pardo oliva	2,5Y 5/4	Pardo oliva claro
		A 5	2,5Y 4/4	Pardo oliva	10YR 6/2	Gris pardo claro
		A 6	10YR 4/2	Pardo gris oscuro	10YR 5/3	Pardo
		A 7	10YR 3/3	Pardo oscuro	10YR 5/3	Pardo
		A 8	10YR 3/3	Pardo oscuro	2,5Y 6/4	Pardo amarillo claro
		A 9	2,5Y 5/6	Pardo oliva claro	2,5Y 7/4	Amarillo pálido
		A 10	10YR 3/2	Pardo gris muy oscuro	10YR 5/3	Pardo
	Km 2	A 1	2,5YR 3/2	Rojo oscuro	10YR 4/3	Pardo oscuro
		A 2	10YR 4/4	Pardo amarillo oscuro	10YR 6/4	Pardo amarillo claro
		A 3	5YR 3/3	Pardo rojizo oscuro	10YR 6/3	Pardo pálido
		A 4	2,5Y 4/4	Pardo oliva	2,5Y 5/4	Pardo oliva claro
		A 5	2,5Y 3/2	Pardo gris muy oscuro	10YR 5/3	Pardo
		A 6	10YR 3/4	Pardo oscuro	10YR 7/3	Pardo muy pálido
		A 7	10YR 3/4	Pardo amarillo oscuro	10YR 6/3	Pardo pálido
		A 8	10YR 3/4	Pardo amarillo oscuro	2,5Y 5/4	Pardo oliva claro
		A 9	2,5Y 5/6	Pardo oliva claro	2,5Y 7/4	Amarillo pálido
		A 10	10YR 3/4	Pardo amarillo oscuro	10YR 7/4	Pardo muy pálido
	Km 3	A 1	2,5Y 4/4	Pardo oliva	2,5Y 5/6	Pardo oliva claro
		A 2	10YR 5/8	Pardo amarillo	10YR 6/4	Pardo amarillo claro
		A 3	10YR 5/8	Pardo amarillo	10YR 6/3	Pardo pálido

	A 4	2,5Y 5/6	Pardo oliva claro	2,5Y 7/4	Amarillo pálido
	A 5	10YR 4/4	Pardo amarillo oscuro	2,5Y 7/4	Amarillo pálido
	A 6	10YR 4/3	Pardo oscuro	10YR 5/6	Pardo amarillo

CLASE	COLOR		NÚMERO DE MUESTRAS		PORCENTAJE (%)	
			SUELO HÚMEDO	SUELO SECO	SUELO HÚMEDO	SUELO SECO
1	2,5Y 4/4	Pardo oliva	4		17,4	0,0
2	10YR 4/2	Pardo gris oscuro	1		4,3	0,0
3	10YR 3/3	Pardo oscuro	2		8,7	0,0
4	2,5Y 5/6	Pardo oliva claro	3	1	13,0	4,3
5	10YR 3/2	Pardo gris muy oscuro	1		4,3	0,0
6	2,5YR 3/2	Rojo oscuro	1		4,3	0,0
7	10YR 4/4	Pardo amarillo oscuro	2		8,7	0,0
8	5YR 3/3	Pardo rojizo oscuro	1		4,3	0,0
9	2,5Y 3/2	Pardo gris muy oscuro	1		4,3	0,0
10	10YR 3/4	Pardo oscuro	4		17,4	0,0
11	10YR 5/8	Pardo amarillo	2		8,7	0,0
12	10YR 4/3	Pardo oscuro	1	1	4,3	4,3
13	2,5Y 5/4	Pardo oliva claro		3	0,0	13,0
14	10YR 6/2	Gris pardo claro		1	0,0	4,3
15	10YR 5/3	Pardo		4	0,0	17,4
16	2,5Y 6/4	Pardo amarillo claro		1	0,0	4,3
17	2,5Y 7/4	Amarillo pálido		4	0,0	17,4
18	10YR 6/4	Pardo amarillo claro		2	0,0	8,7

19	10YR 6/3	Pardo pálido		3	0,0	13,0
20	10YR 7/3	Pardo muy pálido		1	0,0	4,3
21	10YR 7/4	Pardo muy pálido		1	0,0	4,3
22	10YR 5/6	Pardo amarillo		1	0,0	4,3
TOTAL			23	23	100	100

COLOR A						
UNIDADES DE SUELO	No	Muestra	Color Húmedo	Color según tabla Munsell	Color Seco	Color según tabla Munsell
CONSOCIACIÓN SAN JORGE	Km 3	A 7	2,5Y 4/4	Pardo oliva	2,5Y 7/4	Amarillo pálido
		A 8	2,5Y 4/2	Pardo gris oscuro	10YR 6/2	Gris pardo claro
		A 9	2,5Y 5/6	Pardo oliva claro	2,5Y 7/4	Amarillo pálido
		A 10	10YR 4/4	Pardo amarillo oscuro	10YR 5/3	Pardo
	Km 4	A 1	2,5Y 6/8	Amarillo oliva	2,5Y 7/6	Amarillo
		A 2	10YR 3/3	Pardo oscuro	10YR 7/3	Pardo muy pálido
		A 3	2,5Y 3/2	Pardo gris muy oscuro	5Y 6/2	Gris oliva claro
		A 4	5Y 3/3	Pardo rojizo oscuro	10YR 8/4	Pardo muy pálido
		A 5	10YR 3/4	Pardo amarillo oscuro	10YR 7/3	Pardo muy pálido
		A 6	2,5Y 4/4	Pardo oliva	2,5Y 7/4	Amarillo pálido
		A 7	10YR 3/3	Pardo oscuro	10YR 5/3	Pardo
		A 8	10YR 4/3	Pardo oscuro	10YR 6/3	Pardo pálido
		A 9	10YR 4/4	Pardo amarillo oscuro	2,5Y 7/4	Amarillo pálido
		A 10	10YR 4/4	Pardo amarillo oscuro	2,5Y 7/6	Amarillo pálido

Km 5	A 1	10YR 3/4	Pardo amarillo oscuro	10YR 6/3	Pardo pálido
	A 2	10YR 3/4	Pardo amarillo oscuro	2,5Y 6/2	Pardo gris claro
	A 3	2,5Y 4/4	Pardo oliva	5Y 6/3	Oliva pálido
	A 4	10YR 3/3	Pardo oscuro	10YR 7/3	Pardo muy pálido
	A 5	10YR 4/4	Pardo amarillo oscuro	10YR 7/4	Pardo muy pálido
	A 6	10YR 5/4	Pardo amarillo	10YR 8/3	Pardo muy pálido
	A 7	10YR 5/4	Pardo amarillo	10YR 7/4	Pardo muy pálido

CLASE	COLOR		NÚMERO DE MUESTRAS		PORCENTAJE (%)	
			SUELO HÚMEDO	SUELO SECO	SUELO HÚMEDO	SUELO SECO
1	2,5Y 4/4	Pardo oliva	3		14,3	0,0
2	2,5Y 4/2	Pardo gris oscuro	1		4,8	0,0
3	2,5Y 5/6	Pardo oliva claro	1		4,8	0,0
4	10YR 4/4	Pardo amarillo oscuro	4		19,0	0,0
5	2,5Y 6/8	Amarillo oliva	1		4,8	0,0
6	10YR 3/3	Pardo oscuro	3		14,3	0,0
7	2,5Y 3/2	Pardo gris muy oscuro	1		4,8	0,0
8	5Y 3/3	Pardo rojizo oscuro	1		4,8	0,0
9	10YR 3/4	Pardo amarillo oscuro	3		14,3	0,0
10	10YR 4/3	Pardo oscuro	1		4,8	0,0
11	10YR 5/4	Pardo amarillo	2		9,5	0,0
12	2,5Y 7/4	Amarillo pálido		4	0,0	19,0
13	10YR 6/2	Gris pardo claro		1	0,0	4,8
14	10YR 5/3	Pardo		2	0,0	9,5

15	2,5Y 7/6	Amarillo		2	0,0	9,5
16	10YR 7/3	Pardo muy pálido		3	0,0	14,3
17	5Y 6/2	Gris oliva claro		1	0,0	4,8
18	10YR 8/4	Pardo muy pálido		1	0,0	4,8
19	10YR 6/3	Pardo pálido		2	0,0	9,5
20	2,5Y 6/2	Pardo gris claro		1	0,0	4,8
21	5Y 6/3	Oliva pálido		1	0,0	4,8
22	10YR 7/4	Pardo muy pálido		2	0,0	9,5
23	10YR 8/3	Pardo muy pálido		1	0,0	4,8
TOTAL			21	21	100	100

COLOR A						
UNIDADES DE SUELO	No	Muestra	Color Húmedo	Color según tabla Munsell	Color Seco	Color según tabla Munsell
ASOCIACIÓN BALSAYÁCO	Km 5	A 8	10YR 4/3	Pardo oscuro	10YR 7/3	Pardo muy pálido
		A 9	2,5Y 3/2	Pardo gris muy oscuro	10YR 6/2	Gris pardo claro
		A 10	10YR 5/6	Pardo amarillo	10YR 6/3	Pardo pálido
	Km 6	A 1	7,5YR 6/4	Pardo claro	5YR 7/2	Gris rosáceo
		A 2	10YR 5/8	Pardo amarillo	10YR 7/6	Amarillo
		A 3	10YR 5/4	Pardo amarillo	10YR 7/3	Pardo muy pálido
		A 4	10YR 4/4	Pardo amarillo oscuro	10YR 7/2	Gris claro
		A 5	2,5Y 3/2	Pardo gris muy oscuro	2,5Y 7/4	Amarillo pálido
		A 6	10YR 4/4	Pardo amarillo oscuro	10YR 7/4	Pardo muy pálido
		A 7	10YR 3/3	Pardo oscuro	10YR 5/4	Pardo amarillo
		A 8	5YR 3/3	Pardo rojizo oscuro	10YR 6/3	Pardo pálido

		A 9	10YR 4/3	Pardo oscuro	10YR 7/2	Gris claro
		A 10	10YR 3/2	Pardo gris muy oscuro	10YR 6/2	Gris pardo claro

CLASE	COLOR		NÚMERO DE MUESTRAS		PORCENTAJE (%)	
			SUELO HÚMEDO	SUELO SECO	SUELO HÚMEDO	SUELO SECO
1	10YR 4/3	Pardo oscuro	2		15,4	0,0
2	2,5Y 3/2	Pardo gris muy oscuro	2		15,4	0,0
3	10YR 5/6	Pardo amarillo	1		7,7	0,0
4	7,5YR 6/4	Pardo claro	1		7,7	0,0
5	10YR 5/8	Pardo amarillo	1		7,7	0,0
6	10YR 5/4	Pardo amarillo	1	1	7,7	7,7
7	10YR 4/4	Pardo amarillo oscuro	2		15,4	0,0
8	10YR 3/3	Pardo oscuro	1		7,7	0,0
9	5YR 3/3	Pardo rojizo oscuro	1		7,7	0,0
10	10YR 3/2	Pardo gris muy oscuro	1		7,7	0,0
11	10YR 7/3	Pardo muy pálido		2	0,0	15,4
12	10YR 6/2	Gris pardo claro		2	0,0	15,4
13	10YR 6/3	Pardo pálido		2	0,0	15,4
14	5YR 7/2	Gris rosáceo		1	0,0	7,7
15	10YR 7/6	Amarillo		1	0,0	7,7
16	10YR 7/2	Gris claro		2	0,0	15,4
17	2,5Y 7/4	Amarillo pálido		1	0,0	7,7
18	10YR 7/4	Pardo muy pálido		1	0,0	7,7
TOTAL			13	13	100	100

Anexo C. Tonalidades de color de las unidades de suelo Capa B

COLOR B						
UNIDADES DE SUELO	No	Muestra	Color Húmedo	Color según tabla Munsell	Color Seco	Color según tabla Munsell
CONSOCIACIÓN SANTIAGO	Km 1	B 1	10YR 4/2	Pardo gris oscuro	10YR 5/3	Pardo
		B 2	10YR 3/4	Pardo amarillo oscuro	10YR 5/3	Pardo
		B 3	10YR 4/3	Pardo oscuro	10YR 6/3	Pardo pálido

CLASE	COLOR		NÚMERO DE MUESTRAS		PORCENTAJE (%)	
			SUELO HÚMEDO	SUELO SECO	SUELO HÚMEDO	SUELO SECO
1	10YR 4/2	Pardo gris oscuro	1		33,3	0,0
2	10YR 3/4	Pardo amarillo oscuro	1		33,3	0,0
3	10YR 4/3	Pardo oscuro	1		33,3	0,0
4	10YR 5/3	Pardo		2	0,0	66,7
5	10YR 6/3	Pardo pálido		1	0,0	33,3
TOTAL			3	3	100	100

COLOR B						
UNIDADES DE SUELO	No	Muestra	Color Húmedo	Color según tabla Munsell	Color Seco	Color según tabla Munsell

ASOCIACIÓN CHILCAYÁCO	Km 1	B 4	10YR 3/3	Pardo oscuro	10YR 5/2	Pardo gris
		B 5	10YR 4/2	Pardo gris oscuro	10YR 6/3	Pardo pálido
		B 6	2,5YR 3/2	Rojo oscuro	10YR 3/4	Pardo amarillo oscuro
		B 7	10YR 3/2	Pardo gris muy oscuro	10YR 5/2	Pardo gris
		B 8	10YR 3/4	Pardo amarillo oscuro	2,5Y 7/4	Amarillo pálido
		B 9	10YR 4/3	Pardo oscuro	10YR 6/3	Pardo pálido
		B 10	10YR 3/3	Pardo oscuro	10YR 6/2	Gris pardo claro
	Km 2	B 1	10YR 4/3	Pardo oscuro	10YR 6/3	Pardo pálido
		B 2	5YR 3/4	Pardo rojizo oscuro	10YR 5/3	Pardo
		B 3	7,5YR 3/2	Pardo oscuro	2,5Y 6/2	Pardo gris claro
		B 4	2,5Y 5/6	Pardo oliva claro	10YR 6/4	Pardo amarillo claro
		B 5	10YR 3/3	Pardo oscuro	2,5Y 7/4	Amarillo pálido
		B 6	7,5YR 3/2	Pardo oscuro	10YR 6/3	Pardo pálido
		B 7	5YR 4/2	Gris rojizo oscuro	10YR 7/3	Pardo muy pálido
		B 8	5YR 4/2	Gris rojizo oscuro	10YR 6/3	Pardo pálido
		B 9	2,5Y 4/4	Pardo oliva	10YR 7/6	Amarillo
		B 10	10YR 4/3	Pardo oscuro	10YR 6/3	Pardo pálido
	Km 3	B 1	2,5Y 3/2	Pardo gris muy oscuro	10YR 5/3	Pardo
		B 2	2,5Y 5/6	Pardo oliva claro	2,5Y 7/4	Amarillo pálido
		B 3	10YR 5/6	Pardo amarillo	10YR 6/4	Pardo amarillo claro
		B 4	2,5Y 5/6	Pardo oliva claro	10YR 6/4	Pardo amarillo claro
		B 5	2,5Y 4/4	Pardo oliva	2,5Y 7/4	Amarillo pálido
		B 6	10YR 4/4	Pardo amarillo oscuro	10YR 6/2	Gris pardo claro

CLASE	COLOR		NÚMERO DE MUESTRAS		PORCENTAJE (%)	
			SUELO HÚMEDO	SUELO SECO	SUELO HÚMEDO	SUELO SECO
1	10YR 3/3	Pardo oscuro	3		13,0	0,0
2	10YR 4/2	Pardo gris oscuro	1		4,3	0,0
3	2,5YR 3/2	Rojo oscuro	1		4,3	0,0
4	10YR 3/2	Pardo gris muy oscuro	1		4,3	0,0
5	10YR 3/4	Pardo amarillo oscuro	1	1	4,3	4,3
6	10YR 4/3	Pardo oscuro	3		13,0	0,0
7	5YR 3/4	Pardo rojizo oscuro	1		4,3	0,0
8	7,5YR 3/2	Pardo oscuro	2		8,7	0,0
9	2,5Y 5/6	Pardo oliva claro	3		13,0	0,0
10	5YR 4/2	Gris rojizo oscuro	2		8,7	0,0
11	2,5Y 4/4	Pardo oliva	2		8,7	0,0
12	2,5Y 3/2	Pardo gris muy oscuro	1		4,3	0,0
13	10YR 5/6	Pardo amarillo	1		4,3	0,0
14	10YR 4/4	Pardo amarillo oscuro	1		4,3	0,0
15	10YR 5/2	Pardo gris		2	0,0	8,7
16	10YR 6/3	Pardo pálido		6	0,0	26,1
17	2,5Y 7/4	Amarillo pálido		4	0,0	17,4
18	10YR 6/2	Gris pardo claro		2	0,0	8,7
19	10YR 5/3	Pardo		2	0,0	8,7
20	2,5Y 6/2	Pardo gris claro		1	0,0	4,3
21	10YR 6/4	Pardo amarillo claro		3	0,0	13,0
22	10YR 7/3	Pardo muy pálido		1	0,0	4,3

23	10YR 7/6	Amarillo		1		4,3
TOTAL			23	23	100	100
COLOR B						
UNIDADES DE SUELO	No	Muestra	Color Húmedo	Color según tabla Munsell	Color Seco	Color según tabla Munsell
CONSOCIACIÓN SAN JORGE	Km 3	B 7	10YR 4/3	Pardo oscuro	10YR 6/3	Pardo pálido
		B 8	10YR 5/6	Pardo amarillo	10YR 6/3	Pardo pálido
		B 9	10YR 4/3	Pardo oscuro	2,5Y 7/4	Amarillo pálido
		B 10	10YR 5/6	Pardo amarillo	10YR 6/3	Pardo pálido
	Km 4	B 1	2,5Y 5/6	Pardo oliva claro	2,5Y 7/8	Amarillo
		B 2	2,5Y 4/4	Pardo oliva	2,5Y 7/4	Amarillo pálido
		B 3	10YR 3/4	Pardo amarillo oscuro	5Y 6/3	Oliva pálido
		B 4	2,5Y 5/6	Pardo oliva claro	2,5Y 7/4	Amarillo pálido
		B 5	2,5Y 4/4	Pardo oliva	2,5Y 7/4	Amarillo pálido
		B 6	2,5Y 4/6	Pardo oliva	2,5Y 7/6	Amarillo pálido
		B 7	10YR 5/4	Pardo amarillo	10YR 7/3	Pardo muy pálido
		B 8	10YR 3/3	Pardo oscuro	10YR 7/6	Amarillo
		B 9	2,5Y 5/6	Pardo oliva claro	2,5Y 7/4	Amarillo pálido
		B 10	10YR 4/4	Pardo amarillo oscuro	2,5Y 7/4	Amarillo pálido
	Km 5	B 1	10YR 5/6	Pardo amarillo	10YR 6/3	Pardo pálido
		B 2	2,5Y 3/2	Pardo gris muy oscuro	2,5Y 6/2	Pardo gris claro
		B 3	5Y 3/2	Gris oliva oscuro	5Y 6/3	Oliva pálido
		B 4	10YR 3/4	Pardo amarillo oscuro	10YR 7/3	Pardo muy pálido

		B 5	10YR 5/6	Pardo amarillo	10YR 8/4	Pardo muy pálido
		B 6	2,5Y 4/2	Pardo gris oscuro	2,5Y 7/4	Amarillo pálido
		B 7	10YR 5/6	Pardo amarillo	10YR 8/4	Pardo muy pálido

CLASE	COLOR		NÚMERO DE MUESTRAS		PORCENTAJE (%)	
			SUELO HÚMEDO	SUELO SECO	SUELO HÚMEDO	SUELO SECO
1	10YR 4/3	Pardo oscuro	2		9,5	0,0
2	10YR 5/6	Pardo amarillo	5		23,8	0,0
3	2,5Y 5/6	Pardo oliva claro	3		14,3	0,0
4	2,5Y 4/4	Pardo oliva	2		9,5	0,0
5	10YR 3/4	Pardo amarillo oscuro	2		9,5	0,0
6	2,5Y 4/6	Pardo oliva	1		4,8	0,0
7	10YR 5/4	Pardo amarillo	1		4,8	0,0
8	10YR 3/3	Pardo oscuro	1		4,8	0,0
9	10YR 4/4	Pardo amarillo oscuro	1		4,8	0,0
10	2,5Y 3/2	Pardo gris muy oscuro	1		4,8	0,0
11	5Y 3/2	Gris oliva oscuro	1		4,8	0,0
12	2,5Y 4/2	Pardo gris oscuro	1		4,8	0,0
13	10YR 6/3	Pardo pálido		4	0,0	19,0
14	2,5Y 7/4	Amarillo pálido		7	0,0	33,3
15	2,5Y 7/8	Amarillo		1	0,0	4,8
16	5Y 6/3	Oliva pálido		2	0,0	9,5
17	2,5Y 7/6	Amarillo pálido		1	0,0	4,8
18	10YR 7/3	Pardo muy pálido		2	0,0	9,5

19	10YR 7/6	Amarillo		1	0,0	4,8
20	2,5Y 6/2	Pardo gris claro		1	0,0	4,8
21	10YR 8/4	Pardo muy pálido		2	0,0	9,5
TOTAL			21	21	100	100

COLOR B						
UNIDADES DE SUELO	No	Muestra	Color Húmedo	Color según tabla Munsell	Color Seco	Color según tabla Munsell
ASOCIACIÓN BALSAYÁCO	Km 5	B 8	2,5Y 4/2	Pardo gris oscuro	2,5Y 7/4	Amarillo pálido
		B 9	10YR 3/3	Pardo oscuro	10YR 6/2	Gris pardo claro
		B 10	10YR 4/4	Pardo amarillo oscuro	10YR 7/4	Pardo muy pálido
	Km 6	B 1	10YR 4/3	Pardo oscuro	10YR 6/3	Pardo pálido
		B 2	10YR 3/3	Pardo oscuro	10YR 8/4	Pardo muy pálido
		B 3	10YR 4/3	Pardo oscuro	10YR 7/4	Pardo muy pálido
		B 4	10YR 3/2	Pardo gris muy oscuro	10YR 6/2	Gris pardo claro
		B 5	2,5Y 3/2	Pardo gris muy oscuro	10YR 7/3	Pardo muy pálido
		B 6	10YR 5/4	Pardo amarillo	10YR 7/3	Pardo muy pálido
		B 7	5Y 4/3	Oliva	5Y 7/2	Gris claro
		B 8	10YR 4/3	Pardo oscuro	10YR 7/4	Pardo muy pálido
		B 9	10YR 4/3	Pardo oscuro	10YR 7/4	Pardo muy pálido
		B 10	10YR 3/3	Pardo oscuro	10YR 6/3	Pardo pálido

CLASE	COLOR		NÚMERO DE MUESTRAS		PORCENTAJE (%)	
			SUELO HÚMEDO	SUELO SECO	SUELO HÚMEDO	SUELO SECO
1	2,5Y 4/2	Pardo gris oscuro	1		7,7	0,0
2	10YR 3/3	Pardo oscuro	3		23,1	0,0
3	10YR 4/4	Pardo amarillo oscuro	1		7,7	0,0
4	10YR 4/3	Pardo oscuro	4		30,8	0,0
5	10YR 3/2	Pardo gris muy oscuro	1		7,7	0,0
6	2,5Y 3/2	Pardo gris muy oscuro	1		7,7	0,0
7	10YR 5/4	Pardo amarillo	1		7,7	0,0
8	5Y 4/3	Oliva	1		7,7	0,0
9	2,5Y 7/4	Amarillo pálido		1	0,0	7,7
10	10YR 6/2	Gris pardo claro		2	0,0	15,4
11	10YR 7/4	Pardo muy pálido		4	0,0	30,8
12	10YR 6/3	Pardo pálido		2	0,0	15,4
13	10YR 8/4	Pardo muy pálido		1	0,0	7,7
14	10YR 7/3	Pardo muy pálido		2	0,0	15,4
15	5Y 7/2	Gris claro		1	0,0	7,7
TOTAL			13	13	100	100

Anexo D. Diferencias y promedios entre las capas A y B de las unidades de suelo. (Da, Humedad gravimétrica y volumétrica, pH Dr, Porosidad)

UNIDADES DE SUELO	No	Muestra	Da. (g/cc)	Humedad gravimétrica (%)	Humedad volumétrica (%)	pH	Suelo según pH	Dr. (g/cc)	Porosidad Total (%)
CONSOCIACIÓN SANTIAGO	Km 1	A 1	0,6	82,0	50,9	5,58	MODERADAMENTE ÁCIDO	2,2	72,04
		A 2	0,9	62,6	58,1	5,75	MODERADAMENTE ÁCIDO	1,3	30,48
		A 3	0,8	82,2	64,0	5,63	MODERADAMENTE ÁCIDO	2,2	64,98
		PROMEDIO	0,8	75,6	57,7	5,65		1,9	55,83
		B 1	0,9	79,7	70,5	5,58	MODERADAMENTE ÁCIDO	1,4	38,11
		B 2	1,3	33,9	43,6	5,75	MODERADAMENTE ÁCIDO	1,5	16,31
		B 3	1,4	29,2	40,1	5,63	MODERADAMENTE ÁCIDO	2,5	45,08
		PROMEDIO	1,2	47,6	51,4	5,65		1,8	33,17
		ASOCIACIÓN CHILCAYÁCO	Km 1	A 4	1,4	22,3	31,2	5,66	MODERADAMENTE ÁCIDO
A 5	0,6			96,9	56,4	5,56	MODERADAMENTE ÁCIDO	3,3	82,52
A 6	1,2			37,2	46,2	5,73	MODERADAMENTE ÁCIDO	2,5	50,21
A 7	1,2			48,3	58,5	5,76	MODERADAMENTE ÁCIDO	2,5	51,60
A 8	1,3			23,8	31,6	5,69	MODERADAMENTE ÁCIDO	2,5	46,87

		A 9	1,2	44,5	52,8	5,74	MODERADAMENTE ÁCIDO	2,5	52,57
		A 10	0,5	95,1	51,7	5,71	MODERADAMENTE ÁCIDO	2,5	78,24
	Km 2	A 1	0,7	63,0	44,8	5,54	MODERADAMENTE ÁCIDO	2,9	75,12
		A 2	1,4	15,7	22,6	5,82	MODERADAMENTE ÁCIDO	2,9	49,73
		A 3	1,0	60,8	60,1	5,93	MODERADAMENTE ÁCIDO	3,3	70,36
		A 4	1,3	25,1	33,4	5,77	MODERADAMENTE ÁCIDO	2,5	46,79
		A 5	0,9	62,0	58,5	5,87	MODERADAMENTE ÁCIDO	2,5	62,27
		A 6	1,2	35,9	44,0	5,68	MODERADAMENTE ÁCIDO	2,9	57,08
		A 7	1,2	24,5	29,9	5,76	MODERADAMENTE ÁCIDO	2,9	57,22
		A 8	1,1	40,4	46,4	5,73	MODERADAMENTE ÁCIDO	2,2	48,30
		A 9	1,1	48,1	52,8	5,37	FUERTEMENTE ÁCIDO	2,9	61,64
		A 10	0,8	81,3	63,6	5,33	FUERTEMENTE ÁCIDO	2,5	68,71
	Km 3	A 1	1,2	35,1	42,8	5,40	FUERTEMENTE ÁCIDO	2,5	51,19
		A 2	1,3	14,0	17,7	5,41	FUERTEMENTE ÁCIDO	2,5	49,23
		A 3	1,3	21,7	27,9	5,32	FUERTEMENTE ÁCIDO	2,2	42,25
		A 4	0,7	90,1	64,8	5,37	FUERTEMENTE ÁCIDO	2,9	74,83
		A 5	0,8	69,9	59,1	5,42	FUERTEMENTE ÁCIDO	2,5	66,18
		A 6	1,1	35,4	38,9	5,61	MODERADAMENTE ÁCIDO	2,5	56,00
		PROMEDO	1,1	47,4	45,0	5,62		2,7	58,70
Km 1	B 4	1,2	33,0	41,2	5,69	MODERADAMENTE	2,9	56,29	

							ÁCIDO		
		B 5	1,3	24,0	31,6	5,70	MODERADAMENTE ÁCIDO	2,2	40,69
		B 6	0,7	70,7	51,1	5,69	MODERADAMENTE ÁCIDO	2,5	71,07
		B 7	0,8	84,2	66,0	5,82	MODERADAMENTE ÁCIDO	2,5	68,63
		B 8	1,2	39,7	48,1	5,70	MODERADAMENTE ÁCIDO	2,9	57,58
		B 9	1,0	52,9	54,2	5,72	MODERADAMENTE ÁCIDO	2,5	59,01
		B 10	0,9	68,3	60,1	5,74	MODERADAMENTE ÁCIDO	2,2	60,40
	Km 2	B 1	1,1	18,4	20,8	5,62	MODERADAMENTE ÁCIDO	2,5	54,86
		B 2	0,9	64,2	56,6	5,95	MODERADAMENTE ÁCIDO	2,5	64,72
		B 3	0,7	88,1	58,9	6,43	LIGERAMENTE ÁCIDO	2,2	69,93
		B 4	1,2	35,8	43,4	5,69	MODERADAMENTE ÁCIDO	2,5	51,52
		B 5	1,1	51,6	54,8	5,73	MODERADAMENTE ÁCIDO	2,5	57,55
		B 6	1,1	39,9	45,6	5,97	MODERADAMENTE ÁCIDO	2,0	42,86
		B 7	0,8	75,8	63,2	5,77	MODERADAMENTE ÁCIDO	2,5	66,67
		B 8	1,0	54,6	52,4	5,99	MODERADAMENTE ÁCIDO	2,2	56,82
		B 9	1,2	31,3	37,7	5,35	FUERTEMENTE ÁCIDO	2,9	57,86
		B 10	0,8	83,8	64,2	5,46	FUERTEMENTE ÁCIDO	2,2	65,53
	Km 3	B 1	1,2	41,9	49,9	5,55	MODERADAMENTE ÁCIDO	2,9	58,29
		B 2	0,8	68,8	57,9	5,49	FUERTEMENTE ÁCIDO	2,2	62,14

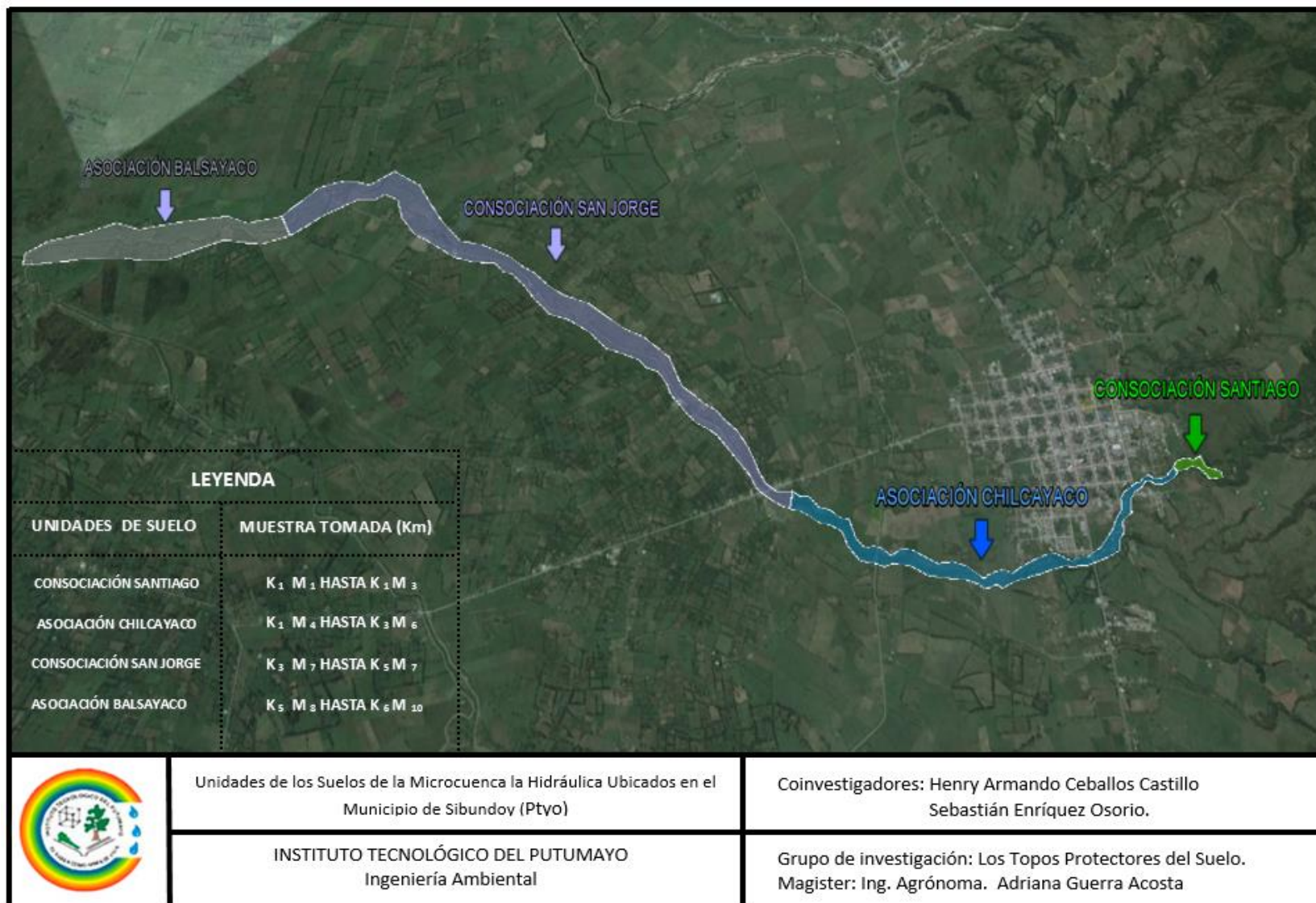
		B 3	1,3	33,7	43,2	5,42	FUERTEMENTE ÁCIDO	2,5	48,74
		B 4	1,0	38,5	37,3	5,41	FUERTEMENTE ÁCIDO	2,9	66,13
		B 5	0,7	75,3	55,8	5,39	FUERTEMENTE ÁCIDO	2,5	70,34
		B 6	1,4	24,1	32,6	5,55	MODERADAMENTE ÁCIDO	2,9	52,66
		PROMEDIO	1,0	52,1	49,0	5,69		2,5	59,14
CONSOCIACIÓN SAN JORGE	Km 3	A 7	1,1	25,4	28,7	5,74	MODERADAMENTE ÁCIDO	2,5	54,8
		A 8	1,0	53,3	50,9	5,52	MODERADAMENTE ÁCIDO	2,5	61,8
		A 9	1,4	22,8	30,8	5,56	MODERADAMENTE ÁCIDO	2,5	46,0
		A 10	0,8	61,9	51,5	5,25	FUERTEMENTE ÁCIDO	2,0	58,3
	Km 4	A 1	1,4	12,7	18,3	5,46	FUERTEMENTE ÁCIDO	3,3	56,8
		A 2	0,7	86,1	60,7	5,03	FUERTEMENTE ÁCIDO	2,5	71,8
		A 3	0,8	74,2	59,9	5,28	FUERTEMENTE ÁCIDO	3,3	75,8
		A 4	1,2	41,2	48,7	4,93	MUY FUERTEMENTE ÁCIDO	2,9	58,6
		A 5	1,1	34,5	38,7	5,11	FUERTEMENTE ÁCIDO	2,5	55,2
		A 6	1,3	28,0	35,2	5,12	FUERTEMENTE ÁCIDO	2,9	55,9
		A 7	1,0	55,7	55,8	5,29	FUERTEMENTE ÁCIDO	3,3	69,9
		A 8	1,1	43,0	46,4	4,78	MUY FUERTEMENTE ÁCIDO	2,9	62,2
		A 9	1,0	48,4	50,7	4,77	MUY FUERTEMENTE ÁCIDO	2,5	58,1
		A 10	1,1	49,3	53,0	4,71	MUY FUERTEMENTE ÁCIDO	2,5	57,1
	Km 5	A 1	1,1	37,5	40,5	4,85	MUY FUERTEMENTE ÁCIDO	2,2	51,3
		A 2	1,0	45,2	46,0	4,81	MUY FUERTEMENTE	2,2	54,2

							ÁCIDO		
		A 3	1,1	44,2	48,9	4,93	MUY FUERTEMENTE ÁCIDO	2,2	50,2
		A 4	0,7	80,7	57,2	4,77	MUY FUERTEMENTE ÁCIDO	3,3	78,7
		A 5	0,6	91,8	59,3	4,86	MUY FUERTEMENTE ÁCIDO	2,5	74,2
		A 6	0,8	59,2	49,3	4,98	MUY FUERTEMENTE ÁCIDO	2,2	62,5
		A 7	1,1	48,7	51,9	5,12	FUERTEMENTE ÁCIDO	3,3	68,0
		PROMEDIO	1,0	49,7	46,8	5,09		2,7	61,02
	Km 3	B 7	0,8	80,7	62,1	5,31	FUERTEMENTE ÁCIDO	2,5	69,2
		B 8	0,6	99,0	59,1	5,47	FUERTEMENTE ÁCIDO	1,5	61,2
		B 9	0,9	64,2	55,4	5,41	FUERTEMENTE ÁCIDO	2,2	61,1
		B 10	1,0	31,2	31,2	5,52	MODERADAMENTE ÁCIDO	2,5	60,1
	Km 4	B 1	1,2	30,0	35,0	5,10	FUERTEMENTE ÁCIDO	2,9	59,1
		B 2	0,8	76,2	63,8	4,90	MUY FUERTEMENTE ÁCIDO	2,5	66,5
		B 3	0,6	87,4	52,4	5,08	FUERTEMENTE ÁCIDO	2,9	79,0
		B 4	1,4	24,5	33,6	5,06	FUERTEMENTE ÁCIDO	3,3	58,8
		B 5	0,7	86,9	58,3	5,23	FUERTEMENTE ÁCIDO	2,5	73,2
		B 6	0,9	65,3	57,9	5,21	FUERTEMENTE ÁCIDO	2,5	64,6
		B 7	1,2	29,9	37,3	5,34	FUERTEMENTE ÁCIDO	2,5	50,0
		B 8	0,9	55,0	48,1	4,78	MUY FUERTEMENTE ÁCIDO	2,5	65,0
		B 9	1,0	51,4	50,3	4,79	MUY FUERTEMENTE ÁCIDO	2,5	60,8
B 10		1,0	34,8	34,6	4,68	MUY FUERTEMENTE ÁCIDO	2,2	55,3	

	Km 5	B 1	1,3	30,2	39,1	4,80	MUY FUERTEMENTE ÁCIDO	2,9	54,7
		B 2	0,9	59,0	51,3	4,88	MUY FUERTEMENTE ÁCIDO	2,2	60,9
		B 3	1,0	47,7	49,1	5,12	FUERTEMENTE ÁCIDO	2,5	58,8
		B 4	0,7	89,1	65,2	4,91	MUY FUERTEMENTE ÁCIDO	2,2	67,1
		B 5	0,7	84,4	55,0	4,94	MUY FUERTEMENTE ÁCIDO	2,2	70,7
		B 6	0,6	94,0	57,0	5,01	FUERTEMENTE ÁCIDO	2,5	75,7
		B 7	1,1	42,8	47,3	5,14	FUERTEMENTE ÁCIDO	2,9	61,4
		PROMEDIO	0,9	60,2	49,7	5,08		2,5	63,48
ASOCIACIÓN BALSAYÁCO	Km 5	A 8	0,8	72,7	58,7	4,78	MUY FUERTEMENTE ÁCIDO	2,5	67,7
		A 9	1,1	44,0	48,9	5,11	FUERTEMENTE ÁCIDO	2,9	61,1
		A 10	0,7	82,0	59,5	5,05	FUERTEMENTE ÁCIDO	2,5	71,0
	Km 6	A 1	0,6	97,2	63,2	4,96	MUY FUERTEMENTE ÁCIDO	2,2	70,8
		A 2	1,2	17,0	20,0	4,78	MUY FUERTEMENTE ÁCIDO	2,5	53,1
		A 3	0,7	82,5	58,7	4,77	MUY FUERTEMENTE ÁCIDO	2,2	68,0
		A 4	1,0	57,8	55,6	4,99	MUY FUERTEMENTE ÁCIDO	2,9	66,3
		A 5	0,7	90,1	59,5	5,11	FUERTEMENTE ÁCIDO	2,2	70,3
		A 6	0,8	65,3	53,8	4,97	MUY FUERTEMENTE ÁCIDO	2,5	67,1
		A 7	0,7	79,2	55,8	4,94	MUY FUERTEMENTE ÁCIDO	2,0	64,8
		A 8	0,6	92,7	59,5	5,01	FUERTEMENTE ÁCIDO	2,2	71,1
A 9	0,7	93,7	63,2	5,07	FUERTEMENTE ÁCIDO	2,5	73,0		

		A 10	1,0	54,3	54,6	5,30	FUERTEMENTE ÁCIDO	2,9	64,8
		PROMEDIO	0,8	71,4	54,7	4,99		2,5	66,85
	Km 5	B 8	0,7	80,5	59,7	5,01	FUERTEMENTE ÁCIDO	2,5	70,3
		B 9	0,7	88,5	58,3	4,85	MUY FUERTEMENTE ÁCIDO	2,9	77,0
		B 10	0,7	77,4	56,4	5,13	FUERTEMENTE ÁCIDO	2,9	74,5
	Km 6	B 1	0,7	92,1	61,7	4,98	MUY FUERTEMENTE ÁCIDO	2,5	73,2
		B 2	0,7	91,0	59,9	4,97	MUY FUERTEMENTE ÁCIDO	2,9	77,0
		B 3	0,7	83,6	60,1	4,85	MUY FUERTEMENTE ÁCIDO	2,9	74,8
		B 4	0,9	64,9	59,5	4,98	MUY FUERTEMENTE ÁCIDO	2,2	58,7
		B 5	0,6	95,2	61,1	5,13	FUERTEMENTE ÁCIDO	2,2	71,1
		B 6	1,0	30,2	30,8	5,00	MUY FUERTEMENTE ÁCIDO	2,2	54,2
		B 7	1,2	38,7	45,8	5,06	FUERTEMENTE ÁCIDO	2,9	58,5
		B 8	0,8	70,1	57,9	5,07	FUERTEMENTE ÁCIDO	2,5	67,0
		B 9	0,7	89,7	60,3	5,12	FUERTEMENTE ÁCIDO	2,5	73,1
		B 10	0,7	83,2	60,7	5,47	FUERTEMENTE ÁCIDO	2,2	67,2
	PROMEDIO	0,8	75,8	56,3	5,05		2,6	68,97	

Anexo E. Mapa unidades de suelo.



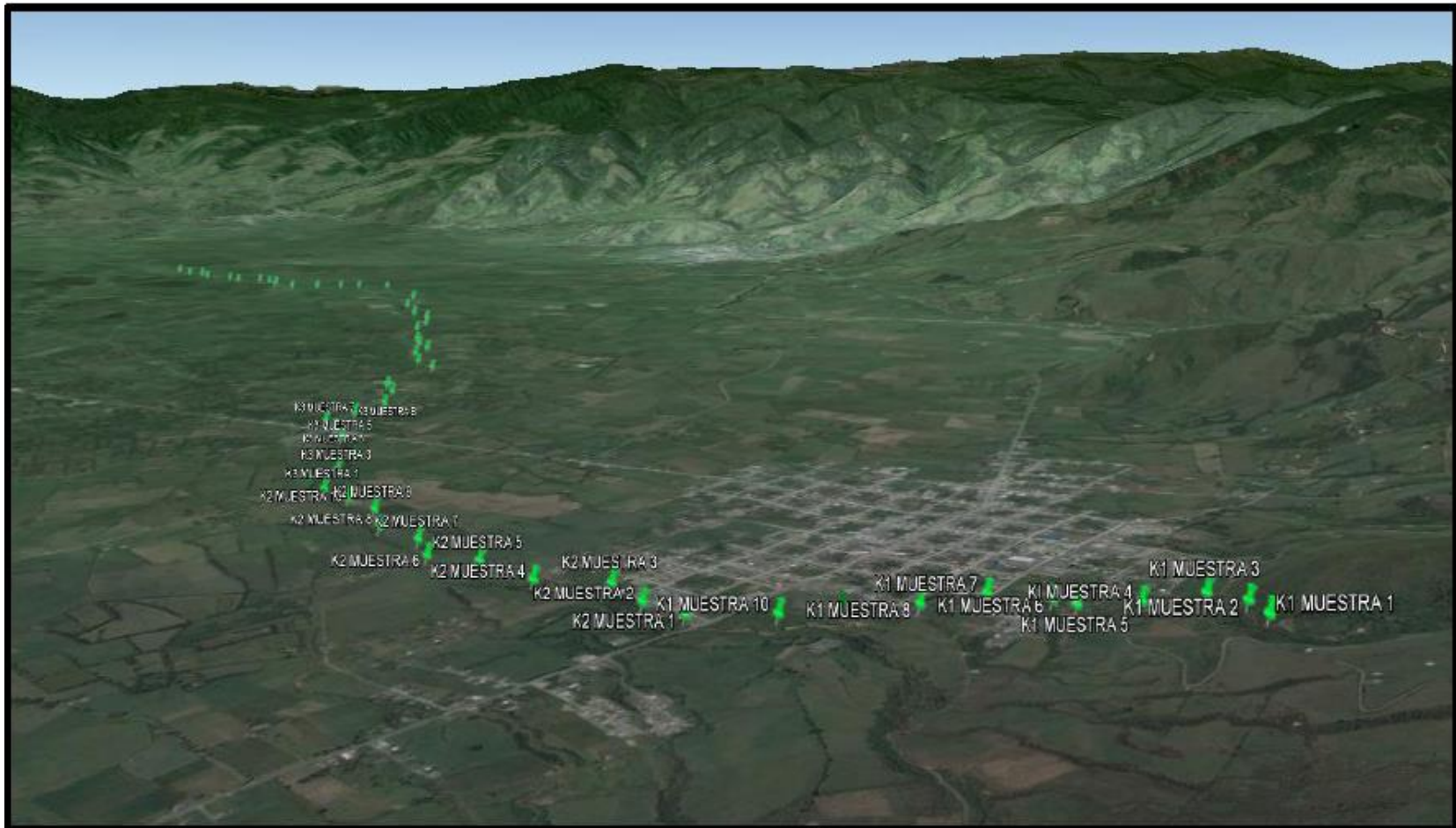
Unidades de los Suelos de la Microcuenca la Hidráulica Ubicados en el Municipio de Sibundoy (Ptyo)

INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL PUTUMAYO
Ingeniería Ambiental

Coinvestigadores: Henry Armando Ceballos Castillo
Sebastián Enríquez Osorio.

Grupo de investigación: Los Topos Protectores del Suelo.
Magister: Ing. Agrónoma. Adriana Guerra Acosta

Anexo F. Mapa recorrido de muestreo.



Efecto de la Acumulación de Sedimentos sobre los Suelos de la Microcuenca la Hidráulica Ubicados en el Municipio de Sibundoy (Ptyo)

INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL PUTUMAYO
Ingeniería Ambiental

Coinvestigadores: Henry Armando Ceballos Castillo
Sebastián Enríquez Osorio.

Grupo de investigación: Los Topos Protectores del Suelo.
Magister: Ing. Agrónoma. Adriana Guerra Acosta